



**Rui Gabriel Lopes
Bártolo**

**Integração de Sistemas de Rastreabilidade em
Ambiente Industrial**



**Rui Gabriel Lopes
Bártolo**

**Integração de Sistemas de Rastreabilidade em
Ambiente Industrial**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob orientação científica de José Paulo Oliveira Santos, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

O júri / The jury

Presidente / President

Prof. Doutor Vítor Manuel Ferreira dos Santos

Professor Associado da Universidade de Aveiro

Vogais / Committee

Prof. Doutor José Paulo Oliveira Santos

Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro (Orientador)

Prof. Doutor Pedro Nicolau Faria da Fonseca

Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Agradecimentos / Acknowledgements

Um especial agradecimento, antes de qualquer outro, aos meus pais. Obrigado pelo vosso incessante apoio e preocupação ao longo de todos os meus anos académicos. Obrigado avó Irene pelos teus carinhos, nunca esquecerei: “Boa sorte, é o que eu te desejo!”

À minha namorada, pela sua calma e compreensão, força e motivação dadas, nos vários momentos de pessimismo por que passei.

Aos meus colegas, especialmente aos amigos de longa data Bruno Barroqueiro e Rui Pais, aos que se juntaram, André Válega, Carlos Oliveira, César Cardoso, João Coelho e Tiago Godinho. Um sincero obrigado a todos eles pela amizade, pelos bons momentos proporcionados, constante acompanhamento, sabedoria, sugestões e aconselhamentos.

Ao meu orientador de dissertação, Prof. Doutor José Paulo Santos, pela sua constante disponibilidade, ajuda e críticas construtivas. Obrigado pela compreensão e motivação dadas nos momentos difíceis por que passei na elaboração desta dissertação.

À empresa Contrinex® pela cedência do *kit* de RFID, que permitiu enriquecer a presente dissertação.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, nesta fase académica da minha vida, o meu muito obrigado!

Palavras-chave

Rastreabilidade Industrial; RFID; TAG; AIDC; Integração de Sistemas; Base de Dados; I2C; RS485; Interface Gráfica; Comandos SQL

Resumo

A tecnologia *Radio-Frequency Identification* (RFID) tem vindo a ser a aposta de muitas empresas para a rastreabilidade industrial devido à sua capacidade de identificação de objetos sem contacto, permitindo que se pratiquem leituras a alguma distância. A sua alta velocidade, comparativamente com outros sistemas, e a sua precisão de aquisição de dados são também características interessantes nestes sistemas. No entanto, verificam-se alguns problemas, tais como: a elevada diversidade de sistemas RFID, as várias frequências de funcionamento (com diferentes aceitações pelo mundo), os vários tipos de acoplamento entre o leitor e a TAG, as várias Normas existentes e a constante atualização da tecnologia que levam a incompatibilidades entre sistemas. A integração de novos sistemas de rastreabilidade de certa forma ajudaria à resolução do problema de incompatibilidade de sistemas, no entanto, verifica-se também uma dificuldade neste ponto.

Por isso, nesta dissertação, no âmbito da rastreabilidade industrial conjuntamente com a tecnologia RFID pretende-se criar uma camada intermédia (*Middleware*) que permita interligar todos os dispositivos presentes no chão da fábrica e que através de uma estrutura de mensagem proposta se possibilite uma comunicação entre camadas superiores e os vários dispositivos da camada inferior. Foi implementada uma camada intermédia numa unidade de processamento que permitiu integrar duas marcas diferentes de dispositivos RFID. Foi desenvolvida uma aplicação de rastreabilidade onde, inclusivamente, se faz o controlo dos dispositivos, direta (Modo *Manual*) ou indiretamente (Modo *Automático*) e onde relativamente à incompatibilidade entre sistemas foi desenvolvida uma janela em especial que permite a associação de TAGs internas a produtos que chegam à empresa e que não são compatíveis com o sistema de rastreabilidade (RFID) presente na empresa. Todas as ações efetuadas com esta aplicação (ações de rastreabilidade) são registadas numa Base de Dados (BD) que foi elaborada com base em modelos de rastreabilidade e onde se efetuaram as devidas modificações, procedendo-se à sua normalização.

A solução proposta cumpriu com os objetivos. Relativamente à implementação, apesar de ter sido elaborada com base em duas marcas específicas de sistemas RFID, a estrutura do código e a estrutura da mensagem proposta permitem que sejam adicionadas novas secções de código na camada intermédia para novos dispositivos a integrar, continuando com a correta gestão de mensagens entre as camadas superior e inferior.

Keywords

Industrial Traceability; RFID; TAG; AIDC; System Integration; Data Base; I2C; RS485; Graphic Interface; SQL Commands

Abstract

RFID technology has been affixed to many industrial companies for traceability due to its ability to identify objects without contact, allowing readings with some distance. The high speed and accuracy of data acquisition is also interesting features of this system. However there are some problems such as the high diversity of RFID systems, the various operating frequencies (with different acceptances for the world), the various coupling types between the reader and the TAG, the various existing standards and the constant updating of technology, that lead to incompatibilities between systems. The integration of new traceability systems helps to solve the problem of incompatibility between systems, however there is also a difficulty here.

For this reason, in the framework of the industrial traceability along with RFID technology, it is intended, in this dissertation, create an intermediate layer (Middleware), allowing to link all devices present on the factory floor, and through a message structure proposed it allows communication between the upper and lower layer of multiple devices. It was implemented an intermediate layer in a processing unit (microcontroller) that allowed to integrate two different brands of RFID devices. It was developed a traceability application, where it controls the devices directly (Manual Mode) or indirectly (Auto Mode), where on the incompatibility between systems, we developed a special window that allows the combination of internal TAGs to products arriving to the company not compatible with the traceability system (RFID) in this company. All actions taken with this application (traceability actions) are recorded in Data Base, which was developed based on models of traceability and where it was made the necessary changes, proceeding to its standardization.

The proposed solution met its goals, and despite the implementation have been developed based on two specific brands of RFID systems, the code structure and message structure proposed to be added to allow new sections of code in the intermediate layer to integrate new devices continuing with the correct management messages between the upper and lower layers.

Conteúdo

Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	ix
Lista de Acrónimos	xi
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Problemas	1
1.3 Objetivos	2
1.4 Solução Proposta	3
1.5 Organização da Dissertação	3
2 Estado da Arte da Rastreabilidade e Tecnologias	5
2.1 Rastreabilidade	5
2.1.1 Cadeias de Fornecimento	5
2.1.2 Importância da Rastreabilidade	8
2.1.3 Suportes Físicos	10
2.1.4 Sistema GS1	10
2.1.5 Sistemas de Rastreabilidade: Soluções Existentes	12
2.2 Tecnologias de Suporte na Rastreabilidade	14
2.2.1 Código de Barras	14
2.2.2 RFID	18
2.2.3 Outras Tecnologias de Identificação Automática	38
2.3 Publicações Científicas	40
3 Solução	47
3.1 Arquitetura Proposta	47
3.2 Modo de Processamento das Mensagens	49
3.2.1 Processamento ao nível da Unidade de Processamento	50
3.2.2 Processamento ao nível do computador local - Interface	51
3.3 Exemplo de aplicação da solução proposta	57
3.4 Proposta de Organização de Dados nas TAGs	59
3.5 Base de dados proposta	60
3.5.1 Diagramas Entidade-Relação	60
3.5.2 Diagramas de Dependências Funcionais	67

4	Implementação	75
4.1	Esquema Geral da Implementação	75
4.2	Componentes utilizados	77
4.2.1	Leitores RFID Sparkfun Eval 13.56MHz (SM130)	77
4.2.2	Leitores RFID Contrinex®	79
4.2.3	Placa de desenvolvimento Olimex PIC-P26J50	81
4.2.4	MAX232	82
4.2.5	Módulo RS485 Olimex MOD-RS485	82
4.3	TAGs utilizadas	84
4.3.1	TAGs Mifare® Classic 1K - ISO14443A	84
4.3.2	TAGs Contrinex® - ISO15693	87
4.4	Montagem dos Componentes	89
4.5	Camada Intermédia: μ controlador	91
4.5.1	Processamento de Dados	93
4.6	Interface Gráfica: Microsoft Visual Studio 2012®	98
4.7	Base de Dados: MySQL®	101
4.7.1	Linguagem <i>Structured Query Language</i> (SQL): principais comandos utilizados	101
5	Conclusão e Trabalhos Futuros	105
5.1	Trabalhos Futuros	107
	Bibliografia	109
	Apêndice	114
A	Módulo RFID SM130 - <i>Inter-Integrated Circuit</i> (I2C)	117
B	Leitores Contrinex® - RS485	121
C	Esquemas Elétricos	123
D	Explicação Interface Gráfica Desenvolvida	127
D.1	Janelas Iniciais	127
D.2	Configuração dos Parâmetros da Porta Série	129
D.3	Modo Manual	129
D.3.1	Módulo Sparkfun SM130 13.56MHz (Modo -> Manual -> Sparkfun SM130)	129
D.3.2	Módulo Contrinex 13.56MHz (Modo -> Manual -> CONTRINEX)	134
D.4	Modo Automático	137
D.4.1	Controlo de Entradas e Saídas (Modo -> Automático -> Controlo de Entradas e Saídas)	139
D.4.2	Associação de TAGs Internas aos Objetos (Modo -> Automático -> Associar TAG Interna)	141
D.4.3	Linha de Produção (Modo -> Automático -> Controlo Linha de Produção)	147
D.4.4	Agregação de Objetos (Modo -> Automático -> Agregação Objetos)	149

D.4.5	Configuração de uma Nova TAG (Modo -> Automático -> Configurar Nova TAG)	151
D.5	Base Dados	153
D.5.1	Consulta de Dados Estáticos (Base Dados -> Consulta -> Dados Estáticos)	154
D.5.2	Consulta de Dados Dinâmicos: Entradas e Saídas (Base Dados -> Consulta -> Dados Dinâmicos -> Entradas e Saídas)	156
D.5.3	Consulta de Dados Dinâmicos: Registo de Produção (Base Dados -> Consulta -> Dados Dinâmicos -> Registo Produção)	156
D.5.4	Consulta de Dados Dinâmicos: Agregação de Objetos (Base Dados -> Consulta -> Dados Dinâmicos -> Agregação Objetos)	159
D.5.5	Consulta de Dados Dinâmicos: Associação de TAGs Internas (Base Dados -> Consulta -> Dados Dinâmicos -> Associação TAGs Internas)	161
D.5.6	Nova Empresa (Base Dados -> Nova Empresa)	162
D.5.7	Nova Local (Base Dados -> Novo Local)	163
D.5.8	Novo Leitor (Base Dados -> Novo Leitor)	163

Lista de Figuras

2.1	Etapas gerais das cadeias de fornecimento - adaptado de [11]	6
2.2	Fluxo de informação durante o pedido e a produção - adaptado de [10] .	7
2.3	Tomada de decisão numa cadeia de fornecimento - adaptado de [10] . .	8
2.4	Grupos da GS1 - adaptado de [13]	11
2.5	Leitor Código de Barras (CB) da marca Intermec® - adaptado de [17] . .	15
2.6	<i>European Article Number (EAN) Code</i> - adaptado de [13; 19; 21]	16
2.7	ITF-14 - adaptado de [21]	16
2.8	GS1 <i>DataBar</i> - adaptado de [22]	17
2.9	GS1 <i>DataMatrix</i> e <i>QR Code</i> - adaptado de [13; 23]	17
2.10	Sistema de RFID típico - adaptado de [27]	19
2.11	Diferentes Modos de Operação RFID - adaptado de [20]	21
2.12	<i>TAGs SAW</i> - adaptado de [20]	22
2.13	<i>TAGs</i> : vários tipos e formatos	24
2.14	Intervalos de frequências <i>Ultra High Frequency (UHF)</i> aceites no mundo - adaptado de [29]	25
2.15	Aspeto físico de leitores RFID industriais (gamas de frequência UHF) - adaptado de [17]	26
2.16	Esquema dos principais elementos de um leitor RFID - adaptado de [20]	27
2.17	Tipos de Codificação - adaptado de [30]	28
2.18	Diagrama de funcionamento do acoplamento leitor- <i>TAG</i> indutivo - adaptado de [30]	28
2.19	Diagrama de funcionamento do acoplamento leitor- <i>TAG backscatter</i> - adaptado de [30]	28
2.20	Diagrama de funcionamento de um sistema RFID do tipo sequência - adaptado de [30]	29
2.21	Arquitetura da GS1 <i>EPCglobal Network</i> [31]	33
2.22	Princípio de Funcionamento Tecnologia <i>Near-Field Communication (NFC)</i> - adaptado de [20]	38
2.23	<i>Smart Card</i>	39
2.24	Solução proposta pelos autores de [35] - <i>Serviços Web</i>	41
2.25	Solução proposta pelos autores de [36] - Modelo de 3 camadas	42
2.26	Fluxo de informação do <i>Middleware</i> da solução proposta pelos autores de [37]	44
2.27	Esquema da solução proposta pelo autor de [38]	44
2.28	Esquema da solução proposta pelo autor de [39]	45
3.1	Esquema geral de um sistema de rastreabilidade	48

3.2	Esquema da solução proposta com representação dos barramentos de leitores de RFID e camadas físicas	49
3.3	Estrutura de mensagem proposta	50
3.4	Tratamento de dados recebidos na Unidade de Processamento (UP) provenientes do computador	52
3.5	Envio e recepção de dados dos dispositivos de RFID na UP e posterior envio para o computador local	53
3.6	Alteração da mensagem recebida do dispositivo para estrutura proposta	53
3.7	Esquema de atuação no <i>Modo Manual</i> ao nível do computador local . . .	54
3.8	Esquema de operações em dispositivo RFID respeitando a Norma ISO14443 - adaptado de [41]	56
3.9	Esquema de operações em dispositivo RFID respeitando a Norma ISO15693	56
3.10	Exemplo de aplicação da solução proposta	58
3.11	Identificação e classificação de tipos de objetos	59
3.12	Modelo de BD proposta	61
3.13	Relações entre entidades <i>registo_passagem_objeto</i> , <i>objeto</i> e <i>empresa</i>	64
3.14	Relações entre entidades <i>registo_passagem_objeto</i> , <i>leitor</i> e <i>local</i>	65
3.15	Relações entre entidades <i>local</i> e <i>empresa</i>	66
3.16	Relações com a entidade <i>registo_passagem_objeto</i>	66
3.17	Diagrama de Dependências Funcionais (DDF) - Relação Universal "R" .	68
3.18	DDF - "R1"	69
3.19	DDF - "R1.1", "R1.2" e "R1.3"	70
3.20	DDF - "R2", "R3" e "R4"	71
3.21	DDF - "R5"	71
3.22	DDF - "R5.1", "R5.2" e "R5.3"	72
3.23	DDF - "R6"	73
3.24	DDF - "R6.1", "R6.2", "R6.3", "R6.4" e "R6.5"	74
4.1	Esquema geral da implementação	76
4.2	Placa Sparkfun: Módulo SM130 e Antena	77
4.3	Leitores e TAGs Contrinex®	79
4.4	Leitores Contrinex® - potenciômetro	80
4.5	Placa de desenvolvimento Olimex PIC-P26J50	82
4.6	Módulo RS485 Olimex MOD-RS485	83
4.7	Diagrama funcional do <i>transceiver</i> RS485 - adaptado de [56]	83
4.8	Esquema do bloco de definição de chaves A e B, e condições de acesso ao setor da TAG - adaptado de [57]	86
4.9	Disposição e montagem dos Módulos Sparkfun SM130 e Leitores Contrinex®	89
4.10	Identificação dos componentes utilizados na integração dos Módulos Sparkfun e Leitores Contrinex®	90
4.11	Diagrama de Sequência de Troca de Mensagens	92
4.12	Fluxograma de Processamento do μ controlador: recepção de dados na <i>Enhanced Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter</i> (EUSART) ¹ (mensagem com destino Leitores Contrinex)	95
4.13	Fluxograma de Processamento do μ controlador: recepção de dados na EUSART1 (mensagem com destino Módulos Sparkfun SM130)	96

4.14	Fluxograma de Processamento do μ controlador: receção de dados na EUSART2	97
4.15	Aspeto Geral da Interface Gráfica (Aplicação) desenvolvida	98
A.1	Esquema de troca de dados entre μ controlador e módulo RFID com comunicação I2C	120
C.1	Esquema elétrico do μ controlador e do MAX232	124
C.2	Esquema elétrico dos leitores de RFID Sparkfun - I2C	125
C.3	Esquema elétrico do módulo RS485 e dos leitores da Contrinex®	126
D.1	Janelas para inicialização da aplicação	127
D.2	Aviso ao utilizador para identificar a sua empresa	128
D.3	Janela de escolha de empresa (<i>ID Empresa</i>)	128
D.4	Janela de <i>login</i> da empresa (<i>ID Empresa</i>)	128
D.5	Janela Principal da Aplicação - identificação de áreas	129
D.6	Janela de configuração da Porta Série - Abertura	130
D.7	Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - aspeto geral	131
D.8	Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - versão de <i>Firmware</i>	131
D.9	Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - caixas de mensagens trocadas	131
D.10	Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - comando "Seek for TAG"	131
D.11	Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - deteção de <i>TAG</i>	132
D.12	Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - autenticação	133
D.13	Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - leitura de dados	133
D.14	Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - escrita de dados	134
D.15	Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - incrementar/decrementar valor	134
D.16	Janela do Modo Manual dos leitores Contrinex® - aspecto geral	135
D.17	Janela do Modo Manual dos leitores Contrinex® - informações sobre o leitor	135
D.18	Janela do Modo Manual dos leitores Contrinex® - mensagem do comando "Info Leitor"	136
D.19	Janela do Modo Manual dos leitores Contrinex® - procura de <i>TAG</i>	136
D.20	Janela do Modo Manual dos leitores Contrinex® - seleção de <i>TAG</i>	137
D.21	Janela do Modo Manual dos leitores Contrinex® - leitura de <i>TAG</i>	138
D.22	Janela do Modo Manual dos leitores Contrinex® - escrever na <i>TAG</i>	138
D.23	Janela do Modo Automático de Controlo de Entradas e Saídas - aspeto geral	139
D.24	Janela do Modo Automático de Controlo de Entradas e Saídas - aviso de seleção de leitor	140
D.25	Janela do Modo Automático de Controlo de Entradas e Saídas - seleção de leitor	140
D.26	Janela do Modo Automático de Controlo de Entradas e Saídas - início de controlo	140
D.27	Janela do Modo Automático de Controlo de Entradas e Saídas - deteção de objeto	141
D.28	Janela do Modo Automático de Controlo de Entradas e Saídas - leitura de dados da <i>TAG</i> detetada	142

D.29 Janela do Modo Automático de Controlo de Entradas e Saídas - entrada de objeto repetida	142
D.30 Janela do Modo Automático de Associação de TAGs internas - aspeto geral	143
D.31 Janela do Modo Automático de Associação de TAGs internas - deteção de objeto	144
D.32 Janela do Modo Automático de Associação de TAGs internas - deteção de TAG interna	145
D.33 Janela do Modo Automático de Associação de TAGs internas - Início da Associação	146
D.34 Janela do Modo Automático de Associação de TAGs internas - Paragem da Associação	146
D.35 Janela do Modo Automático de Associação de TAGs internas - Associação terminada com sucesso (Registo de ações)	146
D.36 Janela do Modo de Controlo da Linha de Produção - aspeto geral	147
D.37 Janela do Modo de Controlo da Linha de Produção - deteção de objeto .	148
D.38 Janela do Modo de Controlo da Linha de Produção - aviso de associação da TAG interna	148
D.39 Janela do Modo de Controlo da Linha de Produção - agregação de objetos (assemblagem)	149
D.40 Janela do Modo de Agregação de Objetos - aspeto geral	150
D.41 Janela do Modo de Agregação de Objetos - deteção e leitura do Objeto-Pai	150
D.42 Janela do Modo de Agregação de Objetos - deteção e leitura do Objeto-Filho	151
D.43 Janela do Modo de Agregação de Objetos - operação de agregação	152
D.44 Janela do Modo de Agregação de Objetos - operação de desagregação . .	152
D.45 Janela do Modo de Configuração de Nova TAG	154
D.46 Janela de Consulta de BD - Dados Estáticos - aspeto geral	155
D.47 Janela de Consulta de BD - Dados Estáticos - ID Objeto e ID Empresa . .	155
D.48 Janela de Consulta de BD - Dados Dinâmicos: Entradas e Saídas - aspeto geral	157
D.49 Janela de Consulta de Base de Dados - Dados Dinâmicos: Entradas e Saídas - resultados de exemplo de pesquisa	157
D.50 Janela de Consulta de BD - Dados Dinâmicos: Registo de Produção - aspeto geral	158
D.51 Janela de Consulta de BD - Dados Dinâmicos: Registo de Produção - resultados de exemplo de pesquisa	159
D.52 Janela de Consulta de BD - Dados Dinâmicos: Agregação de Objetos - aspeto geral	160
D.53 Janela de Consulta de BD - Dados Dinâmicos: Agregação de Objetos - resultados de exemplo de pesquisa	160
D.54 Janela de Consulta de BD - Dados Dinâmicos: Associação TAGs Internas - aspeto geral	161
D.55 Janela de Consulta de BD - Dados Dinâmicos: Associação TAGs Internas - resultados de exemplo de pesquisa	162
D.56 Janela de BD - Nova Empresa - aspeto geral	162
D.57 Janela de BD - Novo Local - aspeto geral	163
D.58 Janela de BD - Novo Leitor - aspeto geral	164

Lista de Tabelas

2.1	Exemplo de estrutura do código da simbologia EAN-13	16
2.2	ISO14443: Características das comunicações Tipo A e Tipo B - adaptado de [20]	34
2.3	ISO15693: Características Comunicação Leitor -> Cartão e vice-versa - adaptado de [20]	36
2.4	Modelo 4W - adaptado de [36]	42
3.1	Principais comandos a utilizar com os módulos RFID	55
3.2	Estrutura e Tipos de <i>ID</i> do Objeto	59
3.3	Estrutura <i>ID</i> Empresa	60
3.4	Estrutura da Data e Hora de criação da <i>TAG</i>	60
3.5	Relação Universal “R”	67
3.6	Relação “R1” - Não Normalizada	67
3.7	Sub Relações “R1.1”, “R1.2” e “R1.3” - Normalizadas	69
3.8	Relações “R2”, “R3” e “R4” - Normalizadas	69
3.9	Relação “R5” - Não Normalizada	70
3.10	Sub Relações “R5.1”, “R5.2” e “R5.3” - Normalizadas	70
3.11	Relação “R6” - Não Normalizada	72
3.12	Sub Relações “R6.1”, “R6.2”, “R6.3”, “R6.4” e “R6.5” - Normalizadas . .	73
4.1	Endereços I2C dos leitores SM130	78
4.2	Endereços Físicos dos leitores Contrinex® (Barramento RS485)	80
4.3	Estrutura de mensagem para leitores Contrinex® - adaptado de [50] . . .	81
4.4	Significado de cada parte da estrutura da mensagem para leitores Contrinex® - adaptado de [50]	81
4.5	Lógica pinos \overline{RE} e DE para envio de dados - RS485 - adaptado de [56] . .	83
4.6	Lógica pinos \overline{RE} e DE para receção de dados - RS485 - adaptado de [56] .	84
4.7	Organização da memória de <i>TAGs</i> Mifare® 1K - adaptado de [57]	85
4.8	Combinações dos <i>bits</i> de acesso das <i>TAGs</i> Mifare® 1K - adaptado de [57]	86
4.9	Condições de acesso para operações de memória com <i>TAGs</i> Mifare® 1K - adaptado de [57]	87
4.10	Distâncias de leitura para as várias <i>TAGs</i> Contrinex® em função do leitor RFID	88
4.11	Organização da memória das <i>TAGs</i> Contrinex® - adaptado de [58]	88
4.12	Identificação e Descrição de Componentes da Figura 4.10a	91
4.13	Identificação e Descrição de Componentes da Figura 4.10b	91
A.1	Estrutura de envio de dados para comunicação I2C	118

A.2	Estrutura de receção de dados para comunicação I2C	118
A.3	Comandos do SM130	119
B.1	Comandos para os leitores da Contrinex®- adaptado de [50]	122

Lista de Acrónimos

AIDC *Automatic Identification and Data Capture*

ASCII *American Standard Code for Information Interchange*

BD *Base de Dados*

CB *Código de Barras*

DDF *Diagrama de Dependências Funcionais*

DER *Diagrama Entidade-Relação*

EAN *European Article Number*

ECA *Event Condition Action*

EPC *Electronic Product Code*

EPCIS *EPC Information Service*

ER *Entidade-Relação*

EUSART *Enhanced Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*

EEPROM *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*

FDX *Full-Duplex*

FNBC *Forma Normal de Boyce-Codd*

HDX *Half-Duplex*

HF *High Frequency*

I2C *Inter-Integrated Circuit*

IC *Integrated Circuit*

IDT *Interdigital Transducer*

IS *Information Service*

ISM *Industrial Scientific and Medical*

LF *Low Frequency*

MSSP *Master Synchronous Serial Port*
NFC *Near-Field Communication*
NRZ *No Return to Zero*
OCR *Optical Character Recognition*
PHP *Hypertext Preprocessor*
PLC *Programmable Logic Controller*
PSI *Public Service Infrastructure*
RF *Rádio-Frequência*
RFID *Radio-Frequency Identification*
SAW *Surface Acoustic Wave*
SCADA *Supervisory Control and Data Acquisition*
SGBD *Sistema Gestor de Bases de Dados*
SOA *Service Oriented Architecture*
SPI *Serial Peripheral Interface*
SRD *Short-Range Devices*
SQL *Structured Query Language*
TCP *Transmission Control Protocol*
TTL *Transistor-Transistor Logic*
UHF *Ultra High Frequency*
UP *Unidade de Processamento*
UPC *Universal Product Code*

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

No âmbito da rastreabilidade industrial têm surgido sistemas tecnológicos, nomeadamente, sistemas automáticos de rastreabilidade que ajudam as empresas na sua organização, na forma de encarar os problemas e sobretudo ajudam a melhorar ou a manter a sua competitividade, agilizando os fluxos de informação [1]. As empresas que adotem sistemas manuais de rastreabilidade estão sujeitas a uma elevada ocorrência de erros e a uma redução de velocidade de atualização dos dados. Estas características são de todo dispensáveis, daí a necessidade de integração ou implementação de novas tecnologias nos sistemas de rastreabilidade - sistemas *Automatic Identification and Data Capture* (AIDC). Com estes sistemas consegue-se obter economia de tempo, garantia de qualidade, controlo da distribuição interna e externa da empresa e controlo *in-time* da produção [2]. A implementação de novos sistemas na empresa trazem vantagens, no entanto, existem dificuldades na sua integração.

Em Portugal existem já algumas empresas com sistemas de rastreabilidade implementados que servem especificamente para o controlo do processo de fabrico interno, mas são raros os casos em que é possível interagir com as restantes empresas da cadeia de fornecimento onde a empresa em questão se insere visto que, para interagir com os fornecedores e distribuidores, estes teriam que possuir um sistema de rastreabilidade compatível.

1.2 Problemas

As empresas adotam os sistemas de rastreabilidade que mais lhes convém dependendo da área em que a empresa se insere e dos produtos que comercializa, ou seja, optam por operar individualmente [3; 4]. No futuro, caso pretendam integrar-se numa cadeia de fornecimento surgem problemas de incompatibilidade de sistemas de rastreabilidade pois existem variados dispositivos de rastreabilidade, cada um seguindo a sua norma de funcionamento [5]. A integração de sistemas de rastreabilidade surge com vista à resolução da incompatibilidade entre estes. No entanto, a integração de sistemas também apresenta algumas dificuldades, limitando o crescimento de uma empresa, sendo por isso, interessante e necessário resolver este problema.

Atualmente já existem sistemas desenvolvidos, que inclusivamente, já disponibilizam *software* e *hardware* para aquisição e tratamento de dados, mas o problema é que são muito específicos, obrigando a que a empresa se adapte ao sistema. A implementação destes sistemas de rastreabilidade são demasiado caros dificultando a obtenção de lucro a curto prazo com este tipo de implementação (dependendo do tamanho da empresa). Se as empresas atuarem em conjunto na integração ou implementação de um novo sistema de rastreabilidade (cooperação entre parceiros), os custos de implementação reduziriam pois estariam envolvidas um grande número de empresas [3; 5; 6].

Há empresas que efetuam rastreabilidade para usufruto interno, para efetuar a gestão de objetos presentes em armazém e controlo de entradas e saídas de produtos [3]. Nestes casos, muitas empresas fazem a sua rastreabilidade manualmente. É certo que para algumas empresas não se justifica a integração de um novo sistema automático de rastreabilidade mas, no entanto, estas têm uma probabilidade de elevado erro humano associado. Nestes casos, o problema identificado é o elevado custo de integração de um novo sistema de rastreabilidade e a dificuldade de obtenção de lucro a curto prazo.

Com respeito a empresas de maior dimensão que geralmente estão inseridas numa cadeia de fornecimento e lidam constantemente com grandes quantidades de matérias-primas, produtos em fase de fabrico ou montagem, produtos acabados e armazém é imprescindível haver um controlo *in-time* e, se possível, sem erros nos dados obtidos [7]. Neste tipo de empresas, que normalmente estão envolvidas numa cadeia de fornecimento, é vantajoso que haja partilha de informação entre as várias empresas. No entanto há o problema de como as empresas trocam as informações entre si e quais os dados a partilhar [3]. Existe também o inconveniente de incompatibilidades entre sistemas de rastreabilidade das empresas, podendo um objeto dar entrada numa empresa que não o consiga identificar, ficando assim comprometida a sua rastreabilidade. Isto exige que as empresas integrem sistemas do mesmo género, pois existem vários tipos de dispositivos de rastreabilidade e dentro do mesmo tipo existem várias marcas e normas de funcionamento que, na maioria dos casos, incompatibilizam a troca de dados.

A tecnologia Código de Barras (CB) é dos sistemas de rastreabilidade mais utilizados. A indústria alimentar é a que mais utiliza esta tecnologia, no entanto esta começa a não responder às exigências de mercado. Na indústria a aplicação deste tipo de tecnologia traz alguns inconvenientes principalmente no que diz respeito a poeiras e sujidades à qual o leitor de CB é sensível. Outro inconveniente é o facto das etiquetas CB terem que ser colocadas em sítios específicos para a sua posterior leitura.

Outro ponto a ter em atenção, em sistemas de rastreabilidade é a segurança dos dados a serem transmitidos.

1.3 Objetivos

Esta dissertação centra-se sobretudo na dificuldade de integração de sistemas de rastreabilidade tentando resolver especificamente a incompatibilidade entre sistemas de várias empresas que podem comprometer a rastreabilidade ao longo de uma cadeia de fornecimento simplesmente porque uma determinada empresa não consegue identificar um produto proveniente de outra empresa. O objetivo principal desta dissertação é encontrar uma maneira simples e robusta de integrar sistemas de rastreabilidade, facilitando o processo de integração de uma empresa numa cadeia de fornecimento.

Tem-se ainda como objetivo propôr um modelo de rastreabilidade que permita que sejam efetuados todos os registos importantes numa cadeia de fornecimento e sejam consultados posteriormente pelas empresas constituintes da cadeia.

Para alcançar os objetivos desta dissertação seguiu-se a seguinte metodologia:

- Estudo das várias soluções existentes com respeito à rastreabilidade industrial, especificamente em cadeias de fornecimento;
- Estudo de alguns dispositivos de rastreabilidade, nomeadamente dispositivos de deteção de objetos com tecnologia RFID;
- Estudo pormenorizado de alguns protocolos de comunicação e Normas de rastreabilidade. Se necessário adaptar o(s) protocolo(s) escolhido(s) de forma a que se resolva o problema de integração destes sistemas de rastreabilidade;
- Estudo de solução para o problema de incompatibilidade de sistemas de rastreabilidade numa cadeia de fornecimento;
- Escolha de dados mais importantes para rastreabilidade de produtos e estudo de como podem ser partilhados nas várias empresas envolvidas na cadeia de fornecimento;
- Desenvolvimento de uma interface amigável com o utilizador, que permita o controlo dos dispositivos de rastreabilidade e execução de ações de rastreabilidade;
- Garantir a segurança dos dados rastreados;

1.4 Solução Proposta

Tendo em vista o problema da incompatibilidade de sistemas de rastreabilidade, sobretudo em cadeias de fornecimento, propõe-se como solução a integração destes sistemas. A integração de sistemas de rastreabilidade pretende que num sistema existente se integre um novo sistema, que siga métodos de processamento e estruturas para troca de mensagens diferentes. A solução proposta consiste na criação de uma camada intermédia (inclui a utilização de uma estrutura de mensagem proposta) entre os dispositivos de rastreabilidade e a unidade de processamento superior (interface com o utilizador), permitindo que se comunique com todos os dispositivos presentes no chão da fábrica, mesmo que estes sejam incompatíveis entre si. Os dados obtidos com a deteção dos objetos no chão da fábrica (rastreabilidade) são posteriormente enviados para uma Base de Dados (BD) normalizada que é partilhada por todas as empresas da cadeia de fornecimento.

1.5 Organização da Dissertação

A presente dissertação está dividida em cinco capítulos incluindo ainda, no final, os apêndices.

O Capítulo 1 introduz a dissertação. Faz-se o enquadramento ao tema onde se refere a importância da rastreabilidade, especificamente a rastreabilidade industrial

automática, e a situação atual do país nesta área. Descrevem-se os problemas principais existentes na área da rastreabilidade, os objetivos principais desta dissertação e, por fim, faz-se uma breve descrição da solução proposta.

No Capítulo 2 faz-se uma revisão do Estado da Arte. Faz-se uma contextualização da rastreabilidade, da sua importância, das suas Normas (GS1) e das suas tecnologias de suporte, dando atenção ao CB e sobretudo à tecnologia RFID. Relativamente ao RFID, efetua-se uma contextualização histórica, descreve-se o seu princípio de funcionamento e dá-se atenção às Normas de interação entre a etiqueta (*TAG*) e o leitor. Faz-se ainda uma breve descrição da Norma de rastreabilidade da EPCglobal (GS1). No final deste capítulo, faz-se referência a alguns artigos e teses relevantes para o tema encontradas durante a fase de pesquisa desta dissertação.

No Capítulo 3 descreve-se a solução proposta onde se apresenta a arquitetura proposta (adoção da tecnologia RFID), o modo de processamento das mensagens aos vários níveis e propõe-se uma estrutura de mensagem para troca de dados (comunicação com os vários dispositivos). Apresenta-se ainda um exemplo de aplicação da solução proposta. Relativamente às etiquetas (*TAGs*), propõe-se uma organização dos dados para a rastreabilidade na sua memória interna. Finalmente, procede-se à elaboração da BD passando pela elaboração de Diagramas Entidade-Relação e sua normalização.

O Capítulo 4 tem o propósito de descrever a implementação da solução proposta. É apresentado um esquema geral da implementação, sendo de seguida especificados os vários componentes utilizados. Descrevem-se as principais funcionalidades da interface gráfica elaborada (descrição dos menus disponíveis) e ainda se referem alguns aspetos relativamente à interação entre a aplicação desenvolvida (interface gráfica) e a BD. No final deste capítulo ainda são descritos alguns aspetos de processamento de dados relativamente à camada intermédia do sistema (UP - o μ controlador).

No Capítulo 5 são efetuadas as conclusões finais da dissertação e seus trabalhos futuros.

Relativamente aos Apêndices é apresentado um tópico referente aos módulos RFID Sparkfun SM130 especificando alguns aspetos referentes à sua capacidade de comunicação por I2C. O tópico seguinte destina-se a dados relativos aos leitores da marca Contrinex®, sendo detalhadas as suas principais funções (comandos). Existe um tópico que contém exclusivamente esquemas elétricos das montagens efetuadas na implementação desta dissertação. Finalmente, o último tópico dá uma explicação sobre a interface gráfica desenvolvida como parte do sistema de rastreabilidade.

Capítulo 2

Estado da Arte da Rastreabilidade e Tecnologias

2.1 Rastreabilidade

A rastreabilidade é definida como a habilidade de preservar e aceder a dados de identificação e classificação de objetos numa cadeia de fornecimento, sendo classificado como um processo contínuo a qualquer nível. A rastreabilidade não está limitada à identificação das características físicas do produto, abrangendo também a história do produto, as circunstâncias que prevalecem em várias fases da produção e processo de distribuição. Com vista à minimização da dimensão e custos associados a problemas de qualidade, gestão de produtos (logística) e cumprimento de requisitos impostos por clientes e regulamentos, as empresas adotam sistemas de rastreabilidade [7]. É importante para identificação e posterior tratamento das causas de desvios de produtos. A rastreabilidade minimiza a possibilidade de ocorrência de recolha de produtos (normalmente por defeito de fabrico) e garante a uniformidade num lote de produtos [8].

O aumento de responsabilidades na produção devido a exigências de clientes e regulamentos e o aumento do consumismo têm desempenhado um papel significativo na história da rastreabilidade desde os anos 60 e 70. O crescimento tecnológico na área da identificação automática permitiu que se fossem reduzindo custos associados à obtenção de dados. Conjuntamente com o crescimento da tecnologia de informação, viabilizou-se a aplicação da rastreabilidade em diversas áreas, permitindo que se trocassem dados importantes entre parceiros da cadeia de fornecimento [7].

2.1.1 Cadeias de Fornecimento

O conceito de cadeia de fornecimento é baseado na formação de uma cadeia de valor, composta por entidades individuais comprometidas em fornecer recursos e informações com o objetivo final de todos os parceiros obterem uma gestão comercial mais eficiente [9]. Uma cadeia de fornecimento consiste em todas as fases envolvidas, diretamente ou indiretamente, no cumprimento de pedidos provenientes do cliente. Esta não só inclui os fornecedores, produtores e distribuidores mas também as transportadoras, os armazéns, os retalhistas e os próprios clientes [4; 10]. As empresas envolvidas são vistas como parceiras em vez de adversárias, com o objetivo de maximizar a competitividade e

a rentabilidade para toda a cadeia de fornecimento, incluindo o cliente final [4]. A cadeia de fornecimento tem que ser dinâmica e inclui, por isso, o constante fluxo de informação entre as diferentes etapas. As atividades da cadeia de fornecimento começam com o pedido do cliente e terminam quando este, já satisfeito, efetua o pagamento da sua compra. Na realidade, um produtor pode receber material de vários fornecedores e de seguida fornecer produtos a vários distribuidores. Portanto, a maioria das cadeias de fornecimento são atualmente redes de trabalho (*networks*) e podem ser descritas pelas seguintes fases (Figura 2.1):

- Clientes
- Retalhistas
- Distribuidores
- Produtores
- Fornecedores de materiais primários

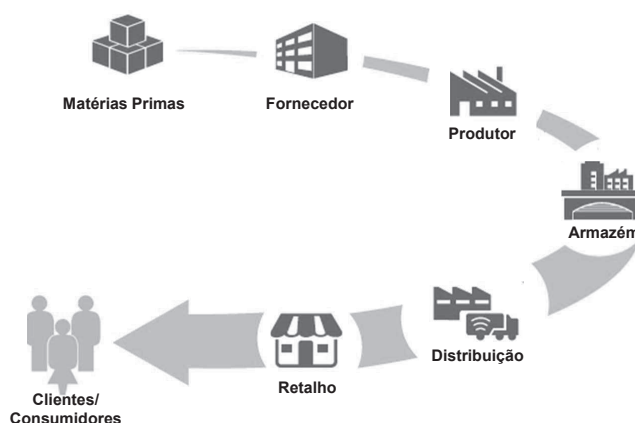


Figura 2.1: Etapas gerais das cadeias de fornecimento - adaptado de [11]

O objetivo de todas as cadeias de fornecimento é maximizar o valor final do produto, ou melhor, dar o valor correto aos produtos consoante o mercado alvo, aumentando assim o número de vendas e consequentemente maximizar o lucro das empresas. Os benefícios principais de uma cadeia de fornecimento são a diminuição do *efeito chicote* (distorção da perceção da procura ao longo das várias etapas da cadeia de fornecimento na qual os pedidos para o fornecedor têm uma variação comparativamente com a procura do cliente final [12]), o aumento da eficiência das atividades executadas, a redução de *stocks* e a obtenção de um nível superior de qualidade dos produtos [4].

A rentabilidade da cadeia de fornecimento é o lucro proveniente de todas as etapas de uma cadeia de fornecimento [10]. A gestão destas cadeias de fornecimento envolve a gestão entre as várias etapas do produto com vista a maximizar a rentabilidade total. Trata-se de uma sequência de processos e informações que fluem entre diferentes etapas da cadeia de valor e combinam com o objetivo de responder a uma necessidade do cliente. Na Figura 2.2 pode-se observar o sentido de fluxo da informação em que, como já foi referido, tende a responder a um pedido do cliente desencadeando aí o fluxo de informação do pedido. Quando a informação é recebida pelo fornecedor dá-se ao

início da produção/fabrico, gerando novamente um fluxo de informação mas desta vez relativamente à produção.

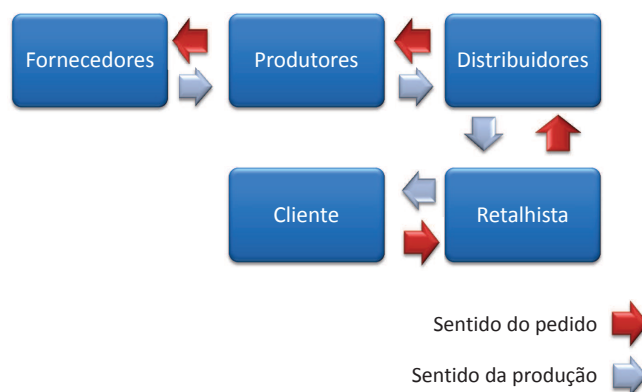


Figura 2.2: Fluxo de informação durante o pedido e a produção - adaptado de [10]

As decisões postas em prática numa cadeia de fornecimento condicionam o futuro duma empresa: o seu sucesso ou o seu fracasso. O seu sucesso deve-se à correta gestão de fluxo de informação, produtos e recursos pois assim é possível obter uma grande variedade de produtos finais com um baixo custo associado. A estratégia competitiva de uma empresa define o conjunto das necessidades do cliente, passando por satisfazê-lo através dos seus produtos e serviços. A estratégia de uma cadeia de fornecimento determina a natureza de aquisição das matérias-primas, transporte de materiais para dentro e fora da empresa, fabrico de produtos e distribuição aos clientes [10].

A Figura 2.3 descreve as várias áreas de atuação numa cadeia de fornecimento consoante a sua tomada de decisão inicial. Cada empresa tem a sua estratégia competitiva, ou seja, um objetivo e para concretizá-lo tem que definir uma estratégia para a sua cadeia de fornecimento. No ponto de vista económico escolhe se pretende mais eficiência para a empresa ou se pretende maior capacidade de resposta perante a procura.

O desempenho de uma cadeia de fornecimento é condicionada pelos seguintes fatores [10]:

- **Inventariação:** são todas as matérias-primas, produtos presentes nas linhas de fabrico e produtos acabados. A alteração de políticas de inventariação pode condicionar a eficiência e a capacidade de resposta de uma cadeia de fornecimento.
- **Transporte:** responsável pela movimentação de material de um local para outro da cadeia de fornecimento. Há várias possibilidades de transporte e cabe a cada empresa escolher a que mais lhe convém conforme a sua dimensão e necessidade.
- **Instalações:** são os locais da cadeia de fornecimento onde o inventário é armazenado, montado ou fabricado. Os dois maiores tipos de instalações são os locais de produção e os locais de armazenamento.
- **Sistemas de informação:** A informação é, potencialmente, o que mais afeta a performance de uma cadeia de fornecimento e os restantes "motores" da cadeia de fornecimento estão condicionados por este. Com os sistemas de informação é possível gerir com a possibilidade de dar maior capacidade de resposta e eficiência

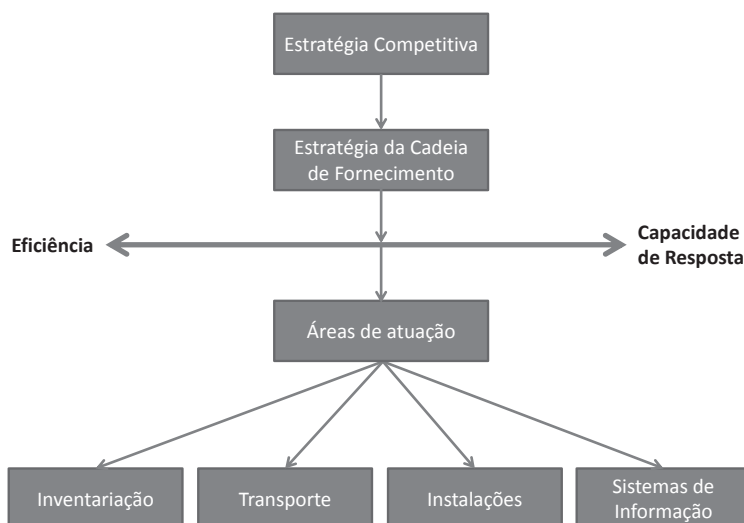


Figura 2.3: Tomada de decisão numa cadeia de fornecimento - adaptado de [10]

à cadeia de fornecimento. A rastreabilidade está diretamente interligada com os sistemas de informação e é aqui que dá o seu contributo.

No âmbito desta dissertação, os tópicos mais importantes especificados atrás são sem dúvida a inventariação e os sistemas de informação. Um sistema de rastreabilidade é a junção destas duas áreas de trabalho. Sem informações, um gestor não sabe o que um cliente quer, não tem noção da quantidade de produtos em *stock*, e tem dificuldade em controlar a produtividade da fábrica e as encomendas. Com a visão que um sistema de informação proporciona a um gestor é possível melhorar o desempenho duma cadeia de fornecimento.

2.1.2 Importância da Rastreabilidade

As informações que fluem num sistema de rastreabilidade são cruciais para um bom desempenho de uma cadeia de fornecimento porque são utilizadas na sua gestão, nomeadamente na tomada de decisões. Um sistema de rastreabilidade consiste num *hardware* e num *software* que são usados para reunir e analisar informações. É necessário, como complemento, a tomada de decisões numa cadeia de fornecimento, reunindo assim condições para melhorar o desempenho de uma empresa. Com um sistema deste género uma empresa pode recolher e analisar dados para produzir níveis de *stock* recomendados possibilitando uma redução de custos.

Uma estratégia de cadeia de fornecimento com sucesso obtém-se trabalhando em conjunto com todas as etapas/fases de uma cadeia de fornecimento. Assim tem-se uma perspectiva global através de toda a cadeia de fornecimento, consegue-se reunir esforços e obter melhores resultados. A informação necessária, para se obter uma perspectiva global, deve ser dividida segundo as etapas da cadeia de fornecimento [10]:

- **Informação no fornecedor:** descrição dos produtos que podem ser comprados, a que preço, com que tempo de entrega, e onde podem ser entregues. Também pode conter a informação do estado da encomenda e o método de pagamento.

- **Informação no produtor:** descrição dos produtos que podem ser feitos, quantos, produzidos por que secção da fábrica, com que tempo de produção, com que custo e em que lote.
- **Informação no distribuidor e do retalhista:** descrição do que é para ser transportado, para onde, que quantidade, a que preço e com tempo de entrega.
- **Informação no cliente:** descrição do produto, do preço, onde e em que quantidade.

Os dados devem ter as seguintes características para serem úteis aquando a tomada de decisões numa cadeia de fornecimento:

- **Informação verdadeira.** Pode não conter toda a informação mas a que é utilizada tem que ser 100% correta.
- **Informação deve ser acessível a qualquer momento.** Na maioria das vezes a informação é coerente mas por vezes não está disponível, ou então está desatualizada ou se estiver atualizada, não está disponível de forma estruturada. Para optar por boas decisões, um gestor necessita de ter informação atualizada e acessível.
- **Informação deve ser devidamente selecionada.** As empresas possuem muita informação que por vezes é em demasia para a tomada de decisões, podendo assim aumentar a complexidade do processo sem necessidade.

Quando se adota um sistema de rastreabilidade/informação tem que se ter em atenção alguns pontos: deve-se garantir que o sistema trará benefícios na área em que vai ser aplicado; aplicar um sistema com um nível de complexidade acertado (se um nível for demasiado baixo pode fazer com que a competitividade da empresa baixe e se for um nível demasiado alto pode fazer com que haja uma perda de produtividade visto que poderá haver perda de tempo com aspectos que não acrescem valor à empresa); usar os sistemas de rastreabilidade para ajudar a tomar decisões e não deixar que tomem decisões por eles, pois cada caso é um caso; usar sistemas de rastreabilidade para acompanhar a atualidade e estar preparado para o futuro.

Em suma, a rastreabilidade surge com a necessidade de responder à procura do mercado de forma mais eficaz e com vista à obtenção de maiores lucros para as empresas. Tem como objetivo fazer o controlo do fabrico de um determinado produto, registando todas as etapas de produção/fabrico. Além disso, permite que sejam minimizadas recolhas de produtos devido à presença de defeitos, garante uma melhor qualidade dos produtos e da produção, permite uma melhor visibilidade da cadeia de fornecimento e consequentemente, melhorar a capacidade das empresas e reduzir os desaparecimentos de produtos (segurança) [7]. Assim é possível garantir o valor pretendido para um determinado produto, saber se este garante os requisitos pretendidos, e caso não se verifique a sua conformidade, saber a origem do problema. Através de um sistema de rastreabilidade também se pode realizar a inventariação de produtos, o que permite avaliar a situação da empresa e consequentemente saber em que áreas deve concentrar o seu trabalho. O *stock* é a diferença entre o que é produzido e o que é procurado, e para tal é necessário que as empresas façam a sua inventariação. Com a existência de *stock* o cliente pode fazer um maior número de pedidos que são satisfeitos no momento. Por outro lado, a existência de *stock* não garante a lucro imediato da sua produção, pois este tem sempre um custo de armazenamento. A existência de *stock* é condicionada pelo

tipo de empresa em questão e por isso para certas empresas, a existência de *stock* traz vantagens e para outras só traz prejuízo. Com sistemas automáticos de rastreabilidade é possível reduzir o *stock* das empresas, que em geral reduz as suas despesas aumentando assim o seu lucro.

2.1.3 Suportes Físicos

Perante a grande evolução tecnológica que se tem verificado nas últimas décadas é notório que a qualidade dos produtos é cada vez melhor.

O ser humano tem muitíssimas qualidades, aptidões e um grande poder de adaptação ao trabalho contudo, perante problemas de maior complexidade surgem alguns entraves sobretudo com o tempo dispendido e a probabilidade de erro eminente. Por isso é que surgiu a aplicação das tecnologias da informação da indústria. Implica um investimento por parte das empresas mas no entanto as novas tecnologias possibilitam o aparecimento de novas perspectivas. Com a diminuição de erros humanos e tempos de processamento é possível que as empresas melhorem a sua qualidade, merecendo depois destaque no mercado competitivo.

Com as tecnologias de informação é possível integrar alguns dispositivos físicos no chão da fábrica e daí tirar inúmeras vantagens. Os suportes físicos de interesse para esta dissertação são os de rastreabilidade que são classificados como sistemas de identificação e obtenção automática de dados (AIDC). Usando estas tecnologias a aquisição de dados pode ser automatizada, permitindo que se atinjam elevados níveis de integridade de dados numa cadeia de fornecimento [2]. Os principais são apresentados de seguida, onde são dadas explicações mais detalhas sobre estas tecnologias na Secção 2.2.

- Sistemas de CB
- *Optical Character Recognition* (OCR)
- *Smart Cards*
- RFID
- Sistemas Biométricos
 - Impressão Digital
 - Identificação de Voz

2.1.4 Sistema GS1

A GS1 é uma organização internacional com mais de 30 anos de experiência na normalização e sem fins lucrativos [13]. Dispõe um conjunto de Normas integradas, abertas e globais, que contribui para a gestão eficiente das cadeias de fornecimento. Possui um sistema único de numeração de itens (Identificadores-Chave, utilizados desde 1970) e localizações, estando por isso particularmente preparado para ser utilizado para propósitos de rastreabilidade [13]. De um ponto de vista da gestão de informação, implementar um sistema de rastreabilidade na cadeia de fornecimento requer que todas as partes envolvidas armazenem dados relativos ao produto. A GS1 disponibiliza ferramentas e metodologias para que seja obtida uma visão de toda a cadeia de fornecimento através de uma linguagem global [14].

A GS1 é dividida em 4 áreas mais específicas (Figura 2.4):

- **GS1 BarCodes:** Normas Globais para identificação automática (tecnologia CB);
- **GS1 eCom:** Normas Globais para mensagens eletrónicas comerciais;
- **GS1 GDSN:** Normas Globais para ambientes de sincronização de dados;
- **GS1 EPCglobal:** Normas Globais para identificação baseada na tecnologia RFID;



Figura 2.4: Grupos da GS1 - adaptado de [13]

As chaves de identificação únicas do sistema de normas GS1 são as seguintes:

- **GS1 GTIN** (*Global Trade Item Number*): identificação de qualquer item (produto ou serviço);
- **GS1 SSCC** (*Serial Shipping Container Code*): identificação de unidades logísticas (paletes ou contentores);
- **GS1 GLN** (*Global Location Number*): identificação de localizações das empresas (entidades legais), departamentos de empresas (entidades funcionais) e inclusivamente áreas interiores de empresas (entidades físicas);
- **GS1 GIAI** (*Global Individual Asset Identifier*): identificação de constituintes do património da empresa (mobiliário, maquinaria, carros, camiões,...);
- **GS1 GRAI** (*Global Returnable Asset Identifier*): identificação de unidades logísticas do património da empresa, sendo itens de retorno à empresa (garrafas de ar ou gás, barris de cerveja,...);
- **GS1 GSRN** (*Global Service Relation Number*): identificação para as relações entre um determinado prestador de serviços e a pessoa a quem esse serviço é prestado;
- **GS1 GDTI** (*Global Document Type Identifier*): Número de identificação para tipos de documentos;
- **GS1 CEP:** Específico da GS1 Portugal - Código de Empresa Portuguesa (560)

A GS1 Portugal (CODIPOR - Associação Portuguesa de Identificação e Codificação de Produtos) trata-se de uma associação privada, fundada em 1985, sem fins lucrativos, e é a representante da GS1 em Portugal. A sua missão segue os objetivos da GS1. Em 2009, a GS1 Portugal lançou uma nova marca, a GS1 ECRservices, tratando-se de uma plataforma que visa a redução de barreiras ao longo da cadeia de fornecimento, incrementando a cooperação entre fabricantes, retalhistas e operadores logísticos acrescentando valor ao consumidor final.

Relativamente às Normas GS1 *BarCodes* e *EPCglobal*, estas irão ser descritas nas Secções 2.2.1.2.1 e 2.2.2.8, respetivamente, durante a abordagem das tecnologias CB e RFID.

2.1.4.1 GS1 eCom

A utilização destas Normas (GS1 EANCOM ou GS1 XML) fornece uma estrutura normalizada e segura de mensagens eletrónicas comerciais, possibilitando a comunicação rápida, eficiente e inequívoca de dados comerciais entre parceiros de negócio. Estas Normas são baseadas nos Identificadores-Chave GS1, o que viabiliza uma relação direta entre o fluxo físico da mercadoria e o fluxo de informação [13].

Os negócios geram e processam diariamente um enorme volume de documentos impressos, que vão desde notas de encomenda a faturas, etc. Como é desejável que esta informação anteceda, acompanhe ou siga o fluxo físico de produtos nas transações comerciais, a EDI (*Electronic Data Interchange*) surgiu como uma ferramenta automática na transmissão de informação de um sistema informático para outro, entre os diversos parceiros da cadeia de fornecimento (serviços baseados na Internet).

Estas Normas incluem a utilização de *Data Pools*. Tratam-se de um repositório de dados a partir do qual os parceiros comerciais podem obter, manter ou trocar informações sobre produtos, serviços ou localizações num formato normalizado, aumentando a eficiência em toda a cadeia de fornecimento - a este processo chama-se de Alinhamento dos Ficheiros Mestre.

2.1.4.2 GS1 GDSN

É uma ferramenta global normalizada que permite uma sincronização de dados segura e contínua através de uma rede de *Data Pools*. É um sistema de distribuição de dados dos fornecedores e clientes que permite fazer a harmonização em tempo real. Permite que os dados sejam fiáveis e trocados entre parceiros comerciais, aumentando a eficiência da cadeia de fornecimento.

2.1.5 Sistemas de Rastreabilidade: Soluções Existentes

2.1.5.1 Empresa MakeWise

Atualmente a empresa *MakeWise* possui algumas ferramentas de apoio à gestão industrial e está mais focada no desenvolvimento de *software* e integração de sistemas. Com base nos dados operacionais recolhidos, a ferramenta disponibilizada pela empresa é capaz de gerar indicadores e relatórios de apoio à decisão. Têm soluções baseadas em terminais *touch-screen* e sistemas biométricos. Realizam a gestão de produção, *stocks*,

recursos humanos e encomendas e além disso efetuam controlos de assiduidade, entre outras funcionalidades [15].

Os terminais são colocados em locais estratégicos da área de produção das empresas/fabricas e são compostos por monitores *touch-screen* e sistemas biométricos. Nestes terminais, os trabalhadores registam o início e fim de turno através de um código pessoal ou impressão digital. Ao longo do período laboral vão efetuando o registo da sua produção individual ou coletiva, sendo identificada a fase de fabrico em que se encontram. Os chefes podem fazer a supervisão da produção através dos terminais. A empresa defende que com estes sistemas é possível aumentar a disponibilidade da informação para gestão operacional, permitindo a tomada de decisões e ajustes operacionais, levando a aumentos de eficiência e redução de custos. Com estes sistemas é possível definir as linhas de produtos existentes, criar as ordens de fabrico com base nas encomendas e *stocks*, monitorizar os *stocks*, gerir os pedidos de matéria-prima e acompanhar a evolução das encomendas nas várias fases da produção.

2.1.5.2 Empresa PHC

A empresa PHC dedica-se exclusivamente ao desenvolvimento de ferramentas de gestão (*software*). As suas soluções têm o objetivo de planejar, programar, executar e monitorizar todo o processo de fabrico. Das suas capacidades salientam-se o registo da aquisição das matérias-primas, a gestão de subcontratação de partes do processo de produção, o controlo de custos e possibilidade de escolha entre fabrico por encomenda ou modo contínuo [16].

2.1.5.3 Intermec®

A Intermec® é uma empresa que dispõe um vasto leque de dispositivos de identificação de produtos para aplicação em diferentes tipos de indústria. Para além dos dispositivos dispõe também soluções de *software*. No âmbito industrial, os seus produtos têm aplicação em linhas de produção/montagem, manutenções de equipamentos, centros de distribuição de produtos, criação de etiquetas identificativas de produtos e gestão de frotas. Os seus produtos permitem que sejam aplicados em serviços de “campo”, transportes e logística, gestão de produtos farmacêuticos, e ainda, em diversos setores públicos. Relativamente ao *hardware*, esta empresa dispõe de unidades de processamento de dados portáteis e fixas, dispositivos de leitura de CB, dispositivos de RFID na gama de frequências UHF (fixos, móveis, TAGs e antenas), impressoras de CB e *Smart Labels* (RFID). Quanto ao *software* apresenta soluções finais direcionadas a administradores, bibliotecas para desenvolvimento e aplicações finais para clientes (venda ao público) [17].

2.1.5.4 Empresa CRIAVISION

A empresa CRIAVISION desenvolve soluções de inspeção, automação e rastreabilidade para os vários segmentos industriais, tendo como base componentes de outros fabricantes. Na área da rastreabilidade a empresa propõe a utilização de sistemas de visão e códigos bi-dimensionais como o *Data Matrix*, marcando diretamente no componente, sem o uso de etiquetas. O sistema permite que se cumpram algumas regulamentações,

efetue controlo de *stocks*, gestão da cadeia de fornecimento e a prevenção de falsificações [18].

Esta solução, no ponto de vista económico, pode tornar-se um pouco cara e não ser aplicável a todos os produtos que se pretendam incluir na rastreabilidade da cadeia de fornecimento. Além disso, a leitura/identificação dos produtos pode obrigar à paragem do produto por momentos, o que pode levar a que haja tempos consideráveis de processamento. No entanto, para a indústria metalomecânica pode ser uma solução bastante rentável visto que os códigos são marcados diretamente na peça, não havendo a possibilidade da perda de identidade do produto e, além disso, são evitadas as interferências provocadas pelo metal geradas nas transmissões Rádio-Frequência (RF) usadas, por exemplo, na tecnologia RFID.

2.2 Tecnologias de Suporte na Rastreabilidade

2.2.1 Código de Barras

O CB é das tecnologias mais utilizadas no sector da rastreabilidade. Atualmente em Portugal, qualquer estabelecimento aberto ao público destinado à venda de produtos alimentares é obrigado a possuir um sistema que faça o controlo de vendas em que, geralmente, se aplicam sistemas de CB. É um sistema com baixo custo de implementação, com longos anos de existência e por isso bastante globalizado. No entanto, dependendo das situações de aplicação pode ser ou não uma boa solução.

2.2.1.1 Princípio de Funcionamento

Consiste num código composto por um campo de barras e espaços dispostos paralelamente de acordo com um determinado padrão. A sequência feita de barras, umas mais largas e outras mais estreitas, pode ser interpretada numérica e alfa numericamente. A leitura é efetuada por leitores óticos de laser (Figura 2.5), através das diferenças de reflexão dos raios laser nas barras pretas (absorvem a luz) e espaços brancos (refletem a luz). Através da presença de uma fotocélula ou um fotodíodo nos leitores obtém-se um sinal analógico que dá origem a um código binário. No que diz respeito aos leitores existe um vasto leque no mercado mas, o mais utilizado, a nível industrial, é o leitor de laser havendo sistemas fixos e móveis. Como resultado dos mais recentes avanços na tecnologia de CB surgiram leitores que contêm uma câmara no seu interior que captuaram uma imagem durante a leitura e fazem o seu processamento digital posteriormente. A desvantagem é que o resultado desta leitura depende muito da qualidade do CB. No entanto obtém-se leitores com tamanhos muito inferiores, mais rápidos e mais baratos comparativamente com os leitores convencionais (a laser) [19]. É um exemplo, a leitura de código de barras bidimensional que é muito utilizado nos dias de hoje através de um telemóvel com câmara e uma aplicação própria (disponível no mercado *Android*).

Apesar do aspeto físico dos códigos de barras, por vezes, parecer idêntico existem diferenças consideráveis nos seus *layouts* [20; 19].



Figura 2.5: Leitor CB da marca Intermec® - adaptado de [17]

2.2.1.2 Codificação

Existem cerca de 270 diferentes *layouts* para um CB, sendo alguns deles inventados especificamente para determinados casos. Atualmente são usados cerca de 50 tipos de simbologias de CB, sendo estes os mais utilizados ao longo dos anos.

Existem, então, 3 diferentes categorias de CB [19]:

- **Linear:** Consiste em barras pretas verticais com diferentes espessuras com um espaço em branco entre elas. Com esta categoria podem ser codificados até um número máximo de 50 caracteres.
- **Bidimensional:** Geralmente designada de *Data Matrix* ou *QR Code*, esta categoria de simbologia CB é a que tem mais capacidade de armazenamento de dados. Com esta categoria podem ser codificados até um número máximo de 3750 caracteres.
- **Tridimensional:** É atualmente um CB linear com relevo e a leitura é efetuada através da variação da altura do relevo. Portanto, um código de barras com relevo não é dependente do contraste entre as linhas pretas e os espaços entre elas para se efetuar a sua leitura.

2.2.1.2.1 Código EAN e GS1 BarCodes O CB mais conhecido e utilizado é o *EAN code* que foi concebido para corresponder aos requisitos da indústria alimentar em 1976 na Europa. Foi desenvolvido a partir do *Universal Product Code* (UPC), que foi introduzido na América em 1973, e continuam compatíveis entre si [19]. A simbologia utilizada pela Norma EAN fornece números de identificação únicos e inequívocos, possibilitando ainda a troca de informações complementares tais como datas de validade, números de série e números de lote. As simbologias de sistemas EAN são Normas reconhecidas pela ISO [21].

O código EAN é constituído por três elementos principais:

- **GTIN** (*Global Trade Item Number*): identificação única de itens;
- **SSCC** (*Serial Shipping Container Code*): identificação de unidades logísticas de transporte e/ou armazenamento;
- **GLN** (*Global Location Number*): identificação e localização das empresas;

Existem três tipos de simbologias EAN: EAN/UPC, ITF-14 e EAN-128. A simbologia EAN/UPC é a única utilizada em postos de venda ao público, sendo distinguidas duas simbologias dentro deste grupo: a EAN-8 (Figura 2.6a) e a EAN-13 (Figura 2.6b). A simbologia ITF-14 (Figura 2.7) não pode ser utilizada em postos de venda ao público, sendo impressa, na maior parte dos casos, diretamente em papel canelado (caixotes). A simbologia EAN-128 (Figura 2.6c) é exclusiva da GS1 e permite codificação de informações adicionais para além do GTIN [21].



Figura 2.6: EAN Code - adaptado de [13; 19; 21]



Figura 2.7: ITF-14 - adaptado de [21]

Na Tabela 2.1 é possível observar a estrutura do conjunto de dígitos que constituem a simbologia EAN-13. Os três primeiros dígitos correspondem ao prefixo do país (no caso de Portugal o código é 560). O seguinte grupo de dígitos é o código da empresa. O número de dígitos para o conjunto *Prefixo País + Código Empresa* é variável entre 7 e 9. De seguida surge um conjunto de dígitos referentes à referência do produto, tendo também um tamanho variável entre 1 a 5 dígitos. No final da sequência, existe ainda um dígito de controlo.

Tabela 2.1: Exemplo de estrutura do código da simbologia EAN-13

Prefixo País	Código Empresa	Referência Produto	Dígito de Controlo
N ₁ N ₂ N ₃ (PT 560)	N ₄ N ₅ N ₆ N ₇ N ₈ N ₉	N ₁₀ N ₁₁ N ₁₂	N ₁₃

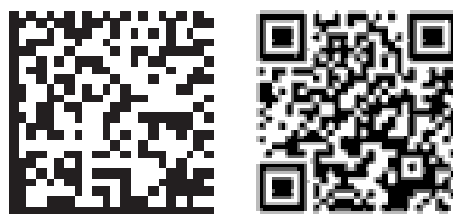
As Normas GS1 *BarCodes* são reconhecidas pela ISO e contemplam várias simbologias, nomeadamente as referidas anteriormente. Dentro desta Norma existem ainda o GS1 *DataBar* e o GS1 *DataMatrix*. Quanto ao *DataBar*, este é destinado à marcação de

produtos de pequenas dimensões e o transporte de dados suplementares, para além da identificação básica do produto (Figura 2.8).



Figura 2.8: GS1 *DataBar* - adaptado de [22]

O *Data Matrix* (Figura 2.9a) é uma simbologia CB que já existe desde 1994 e não requer uma simbologia linear. A GS1 adotou o GS1 *DataMatrix* como um transportador de dados normalizado. Este sistema é especificamente aplicado no setor automóvel, elétrico, da saúde, entre outros e de itens de pequeníssima dimensão que não comportem a impressão GS1 *DataBar* [13]. Para além do *DataMatrix* existe ainda um outro tipo de CB - o *QR Code* (Figura 2.9b) - onde a diferença entre eles é que o *QR Code* suporta um maior número de caracteres alfanuméricos (incluindo caracteres japoneses) comparativamente ao *DataMatrix*. A GS1 possui uma norma também para este tipo de simbologia CB - GS1 *QR Code*.



(a) GS1 *DataMatrix* (b) GS1 *QR Code*

Figura 2.9: GS1 *DataMatrix* e *QR Code* - adaptado de [13; 23]

2.2.1.3 Prós e Contras

Como já foi referido esta tecnologia tem vantagens e desvantagens, dependendo da sua aplicação.

A sua leitura apresenta elevados níveis de eficácia com uma média de erro de um em três milhões de leituras. Outra vantagem é o facto de ser uma tecnologia de fácil aplicabilidade e com facilidade de integração num sistema automático. Além disso apresenta baixo custo de aquisição e de operação [19].

As etiquetas de códigos de barras que se colocam nos produtos, se estiverem prontas para a leitura, podem a qualquer momento ser facilmente danificadas. Um código de barras pode deixar de ser legível se estiver sujeito a poeiras ou salpicos, humidade ou radiação solar. A própria qualidade do ar pode influenciar a leitura do código de barras (humidade no ar). Outra desvantagem é a necessidade da inexistência de obstáculos entre o leitor e o código de barras. Esta tecnologia é bastante equilibrada e não é por acaso que é dos sistemas de rastreabilidade mais utilizados, no entanto apresenta limitações no diz respeito a leituras múltiplas e rentabilidade em rastreamento de elevadas quantidades de produtos (a leitura tem que ser feita com o produto quase

imóvel). Por esta razão, para o âmbito desta dissertação não parece ser a tecnologia mais indicada pois está-se perante um objetivo de aplicabilidade da tecnologia em ambiente industrial, mais especificamente na rastreabilidade.

2.2.2 RFID

O RFID é uma ferramenta tecnológica que utiliza a rádio frequência para a identificação de objetos. O RFID oferece vantagens estratégicas para diversas áreas de negócio, sendo atualmente utilizado em controlo de acessos, rastreabilidade, gestão de autoestradas, controlo anti-roubo, controlo de produção e gestão de ativos. Na rastreabilidade, a tecnologia RFID pode desempenhar importantes funções, tais como a sua habilidade para identificar e efetuar registos de localização, permitindo obter uma melhor visão do chão da fábrica e consequentemente se façam corretas avaliações de desempenho das empresas [5]. A tecnologia pode viabilizar a troca de informações sobre produtos (em tempo real), entre fornecedores, fabricantes, distribuidores e retalhistas. Centros de desenvolvimento e pesquisa e a indústria estão com uma considerável atenção nesta tecnologia devido às suas grandes potencialidades e também devido a algumas limitações [24; 25].

2.2.2.1 Contextualização Histórica

Tudo começou nos anos 30, no Exército e na Marinha, com o desafio de identificar alvos e distinguir os seus aviões dos inimigos. Daqui surgiu a base para o controlo aéreo que teve início nos finais dos anos 50. O uso da tecnologia RFID era limitada devido às dimensões e aos custos dos vários componentes, sendo unicamente utilizada para fins militares, laboratórios científicos e em grandes empresas comerciais. Com a evolução da tecnologia surgiram novos conceitos e componentes que foram bastante importantes para a evolução do RFID, reduzindo a complexidade dos sistemas, as dimensões e o custo final. Começaram-se a desenvolver equipamentos específicos para a segurança de lojas (roupas e livros) - TAGs de um *bit* [26].

Nos anos 70, as empresas de produção, armazenagem e transporte iniciaram a pesquisa e desenvolvimento de projetos em que se utilizassem sistemas de RFID com circuitos integrados (*Integrated Circuit* (IC)). Durante este período, as TAGs IC continuaram a evoluir, e começou a ser disponibilizada memória para escrita, velocidades e distâncias de leitura maiores [26].

Nos anos 80, sistemas de RFID mais sofisticados começaram a ser utilizados na América para identificação de carros em autoestradas e identificação de animais na Europa. Foi utilizado também para controlo de espécie raras de animais ou em vias de extinção [26].

Nos anos 90, os sistemas eletrónicos de identificação de objetos ganharam popularidade com a implementação de sistemas comerciais em Itália, França, Espanha, Portugal, Noruega e Estados Unidos da América. Nos inícios dos anos 90, no Norte da América, algumas empresas uniram forças e desenvolveram um sistema de aquisição de dados compatível regionalmente. Foi o início da criação das várias normalizações de RFID. Surgiram os *Smart Cards* que permitem uma interação com o leitor sem contacto. Os construtores automóvel começaram a adotar sistemas RFID para controlo de ignição, o que permitiu reduzir significativamente o número de roubos [26].

A Wal-Mart, empresa americana com uma longa cadeia de supermercados e hipermercados, gastou milhões de dólares desde os finais dos anos 90 fazendo pesquisas e estudos na eficiência dos sistemas de RFID para substituir os sistemas de CB. Em 1999, com a ajuda de cientistas do MIT, um consórcio de empresas formaram o *Auto-ID Center* que tinha como objetivo o estudo intensivo das capacidades e aplicabilidades da radio frequência, especificamente na identificação [25].

O *Electronic Product Code* (EPC) foi desenvolvido no *Auto-ID Center* (MIT) em 2000 e é uma versão mais moderna do UPC utilizado nos sistemas de CB. O protocolo EPC é universal para todos os sistemas de compilação EPC e tem como função principal informar como os dados são armazenados na TAG (*numbering scheme*) e determinar como as TAGs e os leitores comunicam (*air interface protocol*) [25].

No final do século XX, a adoção de sistemas de RFID cresceu exponencialmente a nível mundial.

2.2.2.2 Princípio de Funcionamento

O RFID é uma tecnologia de identificação automática que pode ser usada para proporcionar uma identidade eletrónica a um produto ou um objeto. Um sistema típico de RFID é constituído por TAGs, leitores, antenas e um processador de dados (ver Figura 2.13). A comunicação no RFID ocorre através de ondas rádio, onde a informação da TAG para o leitor ou vice-versa é transmitida através de uma antena. O número de identificação ou os dados eletrónicos são armazenados nas TAGs. Usando um leitor de RFID, os dados na TAG podem ser lidos sem haver um contacto físico entre a TAG e o leitor - ligação sem-fios - possibilitando a leitura em casos de invisibilidade, quando os objetos com TAGs já estão embalados ou mesmo quando as TAGs estão integradas nos próprios produtos. Alguns leitores de RFID podem ler múltiplas TAGs em simultâneo. Existem também várias frequências de funcionamento para estes sistemas e a sua seleção depende principalmente dos requisitos de aplicação.

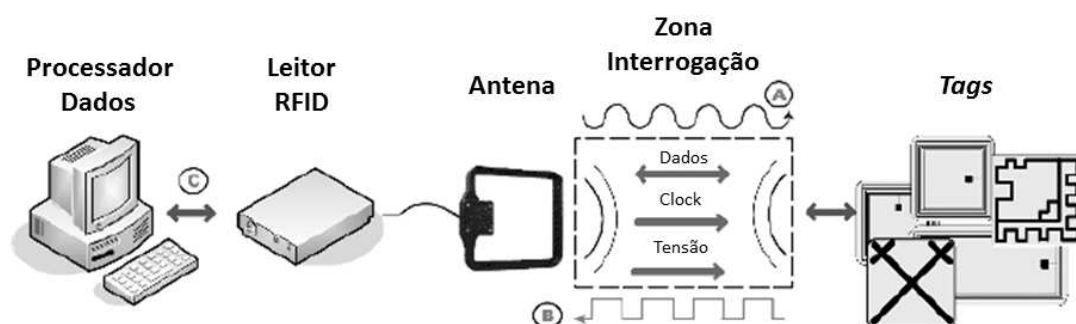


Figura 2.10: Sistema de RFID típico - adaptado de [27]

Como foi referido na introdução a esta tecnologia, existem TAGs de um *bit* que são normalmente usadas em sistemas de segurança aplicados em superfícies comerciais, tendo estas apenas dois estados possíveis [28]. No entanto, o futuro da tecnologia RFID concentra-se nas TAGs que possuem um considerável número de *bytes* de memória. Relativamente aos sistemas que interagem com este tipo de TAGs, existe a distinção entre dois tipos de sistemas - *Full-Duplex* (FDX) e *Half-Duplex* (HDX), e Sequencial

(SEQ) - Figura 2.11. A característica comum aos sistemas FDX (envio e receção de dados entre o leitor e a TAG ocorrem ao mesmo tempo) e HDX (envio e receção de dados entre o leitor e a TAG ocorrem em intervalos de tempo diferentes) é que estes têm um fornecimento de energia constante à TAG, enquanto que os sistemas classificados como Sequencial só fornecem energia à TAG aquando do envio de dados do leitor para a TAG. Estas TAGs compatíveis com os sistemas SEQ possuem um circuito interno com base em condensadores, permitindo que armazenem energia suficiente proveniente do envio de dados do leitor, para a resposta ao leitor.

Existem quatro tipos de comunicação entre o leitor e a TAG para os sistemas FDX e HDX [20]:

- **Acoplamento Indutivo:** através da sua antena, o leitor gera um campo eletromagnético de alta frequência que alcança o enrolamento presente na TAG, gerando uma corrente. A TAG é alimentada (caso seja passiva) e iniciam-se as trocas de dados. Têm normalmente um alcance de leitura muito baixo, sendo por isso utilizados maioritariamente em sistemas de controlo de acessos.
- **Propagação de Ondas - Backscatter:** são sistemas que permitem distâncias interação entre o leitor e a TAG maiores. Segue o princípio de funcionamento dos radares baseando-se em interpretações de ondas refletidas.
- **Acoplamento de Contacto (*Close Coupling*):** este tipo de comunicação exige um posicionamento específico da TAG no leitor (distâncias entre 0.1 e 1 cm). Baseado no princípio de funcionamento de um transformador. O leitor é constituído por um enrolamento em volta de uma *core* de ferrite, possuindo um pequeno intervalo que permita a introdução da TAG (cartão). Uma corrente alternada passa pelo enrolamento do leitor e gera-se um fluxo magnético na *core*, que passa pelos enrolamentos do cartão, alimentando-o, caso este esteja bem posicionado.
- **Acoplamento Elétrico:** o leitor é constituído por um eléctrodo onde é aplicada uma tensão de alta-frequência. É formado um campo elétrico de alta frequência entre o eléctrodo e a terra(*ground*). A TAG é constituída por duas placas condutoras. Se a TAG for intersetada pelo campo elétrico é gerada uma tensão entre as duas placas da TAG, fornecendo-se energia para o seu funcionamento.

Os sistemas classificados como Sequencial podem estabelecer comunicação com a TAG através de um acoplamento indutivo ou segundo o princípio *Surface Acoustic Wave* (SAW). Relativamente às TAGs SAW é explicado o seu funcionamento na Secção 2.2.2.3.1.

2.2.2.3 TAGs

Uma TAG de RFID é um dispositivo que pode armazenar, na maior parte dos casos, e transmitir dados para um leitor sem contacto usando ondas de rádio. Quando uma TAG é interrogada, os dados são seleccionados e enviados de volta ao leitor.

2.2.2.3.1 Tipos de TAGs As TAGs de RFID podem ser classificadas em 2 diferentes grupos: passivas e ativas, havendo uma classificação intermédia sendo designada por semi-ativa ou semi-passiva.

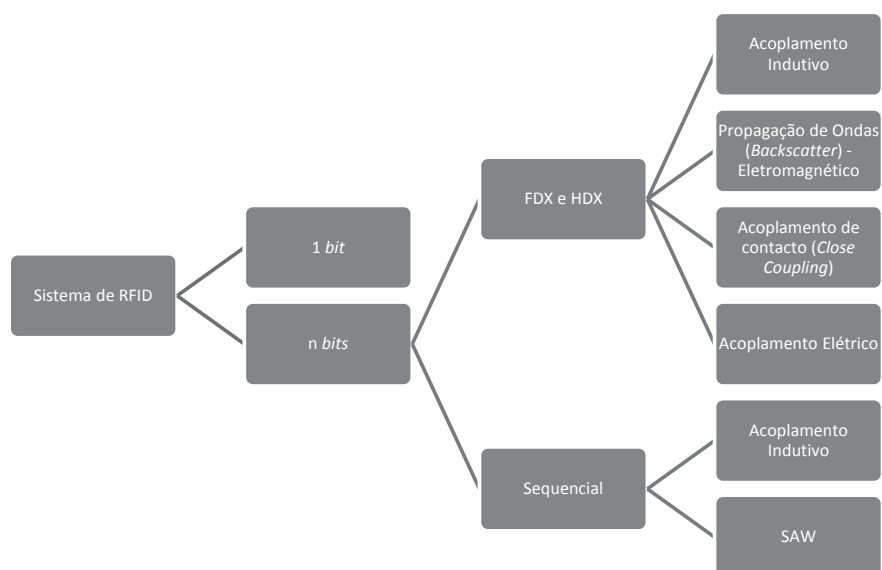


Figura 2.11: Diferentes Modos de Operação RFID - adaptado de [20]

- **Passivas:** As TAGs passivas não possuem uma fonte de alimentação própria, utilizando a tensão induzida pelo leitor para se alimentar e devolver os dados armazenados, ao leitor. Na maioria das vezes são utilizadas segundo um acoplamento entre o leitor e a TAG do tipo indutivo. A sua construção é muito simples e por isso o seu tempo de vida é bastante elevado, apresentando uma elevada resistência a severas condições ambientais. Durante a leitura deste tipo de TAGs é sempre o leitor que inicializa a comunicação, portanto a presença de um leitor é essencial para que a TAG transmita a informação. As TAGs passivas são tipicamente mais pequenas que as ativas ou as semi-passivas. Quanto às gamas de leitura apresenta um limite de distância entre o leitor e TAG de aproximadamente 9 metros. Este tipo de TAG apresenta custos de aquisição mais baixos comparativamente com os outros tipos [19].

Quanto à sua constituição física, normalmente, uma TAG passiva é constituída pela antena e por um *microchip* (incluído no seu IC). O *microchip* obtém o sinal de *clock* fornecido pelo leitor, modulando assim o sinal recebido e o sinal a enviar. Possui ainda um módulo que estabelece e gere a comunicação entre o leitor e a TAG e um módulo de memória. Atualmente existem *microchips* de tamanho inferior a um grão de areia, no entanto o tamanho de uma TAG não é influenciada pelo tamanho do *microchip* mas sim pelo tamanho da antena.

Atualmente as TAGs comuns são constituídas por um IC com memória, no entanto existe um tipo de TAG denominada de *Chipless TAG*, que são essencialmente do tipo passivas e não necessitam do *microchip* no seu circuito interno. Foram criadas com vista à redução do custo de aquisição de TAGs. Não possuem tanta capacidade de memória, no entanto estas possuem outras vantagens. Estas TAGs necessitam de energia unicamente na transmissão de dados do leitor para a TAG (sistema de RFID classificado como Sequencial (SEQ) - Secção 2.2.2.2). Além disso permitem melhores precisões de leitura de TAGs que estejam colocadas em ambientes com

presença de líquidos ou metais, maiores distâncias de leitura, temperaturas de trabalho extremas e custo de aquisição baixo [26].

As TAGs designadas por SAW (*Surface Acoustic Wave*) são incluídas no grupo de TAGs sem *microchip*. Consiste numa antena ligada a um *Interdigital Transducer* (IDT) colocado numa placa piezoelétrica - Figura 2.12. São colocados refletores espaçados ao longo da placa. Quando a antena aplica um impulso elétrico ao IDT proveniente do leitor, este gera ondas que se propagam ao longo da superfície, sendo algumas ondas refletidas e outras absorvidas pela placa. Os sinais refletidos gerem um padrão único, representando os dados da TAG, voltando a ser convertidas para sinal RF e transmitidas de volta para o leitor [19].

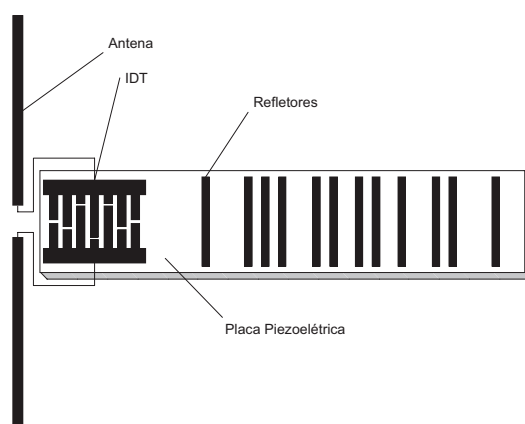


Figura 2.12: TAGs SAW - adaptado de [20]

- **Ativas:** As TAGs ativas possuem um sistema de alimentação próprio (por exemplo, baterias e outras fontes de energia tais como energia solar, etc.) e sistemas eletrônicos próprios necessários para a realização das suas tarefas. Estes sistemas eletrônicos são, por exemplo, portas I/O ou sensores que permitem obter parâmetros dinâmicos. Os sensores de temperatura são interessantes no ponto de vista da rastreabilidade de produtos alimentares pois permitem que se faça um controlo da temperatura a que estão sujeitos, por exemplo, durante um transporte. Relativamente à comunicação leitor-TAG é a TAG que comunica sempre primeiro, seguida pelo leitor - este tipo de TAG ativa, que está sempre no estado de transmissão, quer exista um leitor por perto ou não, é também chamado de "*transmitter*". Outro tipo de TAG ativa consiste em permanecer em modo de poupança de energia até que esta receba um comando vindo do leitor, permitindo que haja uma poupança de energia e também uma redução de interferências de ondas por parte das TAGs - este tipo de TAGs ativas são chamadas de "*transponder*". A sua distância máxima para a comunicação é de cerca de 30.5 metros [19].

Comparativamente às TAGs passivas, este tipo de TAGs possuem, para além do *microchip* e da antena, um sistema de alimentação próprio e um módulo de ligação para sistemas eletrônicos. Uma TAG ativa tem uma vida útil de 2 a 7 anos dependendo da sua frequência de utilização. Quanto à área dos sistemas eletrônicos, esta permite que se façam algumas tarefas personalizadas mas no

entanto é limitado pois quanto mais se desenvolve mais limitada fica a TAG relativamente às suas dimensões.

- **Semi-passivas:** Tal como as TAGs ativas têm uma bateria própria e sistemas eletrónicos, no entanto para transmitir os dados, este tipo de TAG usa a energia fornecida pelo leitor. A bateria própria é utilizada para alimentar o circuito interno (IC) e executar algumas tarefas simples. Para estabelecer a comunicação, o leitor inicia a comunicação, sendo o campo eletromagnético criado pelo leitor utilizado para “acordar” a TAG e ainda é utilizado para alimentar a TAG durante a transmissão de dados. Este tipo de TAGs permite maiores velocidades de passagem no leitor comparativamente às TAGs passivas.

2.2.2.3.2 Tipo de Memória Qualquer tipo de TAG referidos anteriormente possuem a possibilidade de ter 3 tipos de memória. A memória de leitura (RO - *Ready-Only*) só pode ser programada uma única vez, durante a sua fase de fabrico, e mantém-se inalterável para o resto da vida da TAG. Sistemas com este tipo de TAG têm normalmente uma ligação à BD para obtenção e gravação de outras informações associadas ao ID da TAG [28]. A memória WORM (*Write once, read many*) tem a possibilidade de escrita por parte do utilizador/programador uma única vez e leitura várias vezes. E finalmente a memória RW (*Read-Write*) permite que a TAG seja programada e reprogramada inúmeras vezes [26].

Quanto ao tamanho da memória existem inúmeras escolhas no mercado, havendo TAGs com capacidade desde 16 *bits* até cerca de centenas de *kbytes*, caso sejam do tipo ativas. Consoante a sua aplicação é escolhido o número de *bytes* para armazenagem de dados, visto que o seu custo é dependente do tamanho da sua memória. Há situações em que a TAG é utilizada para identificar um produto, tendo por isso um ID único e ainda dados adicionais tais como a data, o produtor, o seu histórico de passagem, etc. No entanto, como já foi referido, existem TAGs que são utilizadas para supervisão de espaços comerciais tais como hipermercados e grandes superfícies em geral. Estas são chamadas de TAGs de 1-bit e não possuem nenhum número de identificação, sendo só utilizadas para detetar a sua presença na passagem por um leitor.

2.2.2.3.3 Aspeto Exterior O aspeto físico de uma TAG é variado, sendo as suas dimensões e formato dependentes da forma da sua antena interna. Na Figura 2.13a é possível observar diversas TAGs que são utilizadas em muitas aplicações do dia-a-dia (muitas vezes sem que nos apercebamos) e que, dependente da sua aplicação, apresentam formatos variados. Atualmente, existem umas TAGs flexíveis que são designadas de *Smart Labels*. Estas são imprimidas com o tradicional CB, mantendo internamente o seu conteúdo normal de uma TAG - Figura 2.13b.

2.2.2.4 Frequências de Funcionamento

Os sistemas de RFID são classificados como sistemas rádio e portanto, antes da definição das suas frequências foi necessário efetuar um estudo de frequências para esta tecnologia, para que não houvesse o risco de interferência ou sobreposição com outras já existentes.



Figura 2.13: TAGs: vários tipos e formatos

Durante o crescimento da tecnologia RFID só as frequências internacionais *Industrial Scientific and Medical* (ISM) e a frequência por volta de 135kHz podiam ser utilizadas. As frequências ISM 13.56MHz e 2.45GHz continuam a ser bastante utilizadas na tecnologia RFID nos dias de hoje. Provavelmente, a possibilidade de utilização destas frequências ISM em todo o mundo, e consequentemente a possibilidade de usar TAGs e leitores internacionalmente sem modificações, contribuiu definitivamente para o sucesso internacional da tecnologia RFID [20].

Com o crescimento da importância dos sistemas RFID, na Europa, foram definidos novos intervalos de frequência para a tecnologia RFID. Os sistemas de RFID deixaram de ser classificados como aplicação ISM e começaram a ser tratados como um grupo próprio dos dispositivos de baixo alcance (*Short-Range Devices* (SRD)). O uso de dispositivos de baixo alcance trouxe alguns benefícios para o utilizador visto que estas frequências são destinadas ao público em geral, não trazendo custos para o utilizador.

Os mais importantes intervalos de frequência para sistemas de RFID são de 0 a 135 kHz, as frequências clássicas ISM 6.78 MHz, 13.56 MHz, 27.125 MHz, 40.68 MHz, 869.0 MHz, 2.45 GHz, 5.8 GHz e 24.125 GHz, assim como as frequências SRD entre os 865 e os 868 MHz.

Estas frequências são agrupadas em quatro grupos:

- **Baixa Frequência (*Low Frequency* (LF)):** frequências entre 30 kHz e 300 kHz. Um típico sistema de RFID LF opera a 125 kHz ou a 134.2 kHz (frequências típicas de sistema com acoplamento leitor-TAG indutivo). Esta frequência é usada desde os anos 80, continuando a ser bastante utilizada. Normalmente estes sistemas utilizam TAGs passivas têm baixas taxas de transferência entre a TAG e o leitor e são especialmente utilizadas em objetos metálicos e com sujidade. Esta gama de frequência é aceite mundialmente, sendo aplicada em identificação de animais, automação industrial e controlo de acessos [19; 26].
- **Alta Frequência (*High Frequency* (HF)):** frequências entre 3 MHz a 30 MHz, sendo o valor 13.56 MHz a frequência típica usada para sistemas de RFID HF (frequência típica de sistema com acoplamento leitor-TAG indutivo). Esta frequência é usada desde os anos 90, continuando a ser bastante utilizada. Estes sistemas usam maioritariamente TAGs passivas, observando-se um fraco desempenho de transmissão

de dados entre a TAG e o leitor em ambientes metálicos e com presença de líquidos. Os sistemas de HF são amplamente utilizados, especialmente em hospitais (devido à frequência 13.56 MHz ser uma frequência ISM), pagamentos, controlo de acessos, rastreabilidade, identificação de pessoas e monitorização. Esta gama de frequência é aceite mundialmente. Quanto aos custos, para esta frequência as TAGs são mais baratas comparativamente com as TAGs preparadas a trabalhar com frequências LF [19; 26].

- **Ultra-Alta Frequência UHF:** frequências entre 30 MHz e 1 GHz. Na Europa um sistema de RFID passivo deste tipo opera a 868 MHz (frequências típicas de sistema com acoplamento leitor-TAG de propagação de ondas - *Backscatter*), enquanto que um sistema ativo opera a 433 MHz, sendo utilizadas desde os finais dos anos 90. Com o aumento de frequência, a velocidade de transferência de dados entre a TAG e o leitor aumenta. Apresenta a desvantagem de existirem diversos intervalos de frequências dependendo da zona do mundo, como é possível observar na Figura 2.14. No entanto as frequências UHF têm aplicações em controlos de inventariação, gestão de armazéns e rastreabilidade [19; 26].

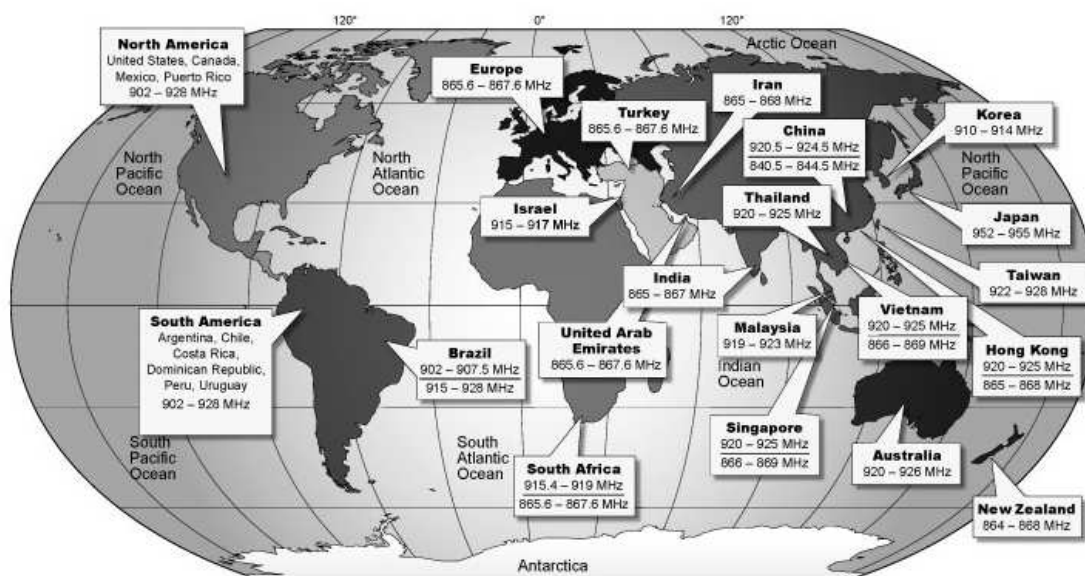


Figura 2.14: Intervalos de frequências UHF aceites no mundo - adaptado de [29]

- **Micro Ondas:** frequências superiores a 1 GHz. Um sistema de RFID, com este tipo de frequência, opera tanto a 2.45 GHz (frequência ISM) como a 5.8 GHz (frequências típicas de sistemas com acoplamento leitor-TAG de propagação de ondas - *Backscatter*). A distância de leitura é idêntica a sistemas de RFID com frequências de funcionamento UHF. As frequências próximas de 2.4 GHz são aceites mundialmente [19].

2.2.2.5 Leitores

Um *Software* desenvolvido com o objetivo de ler e escrever dados numa TAG necessita de um intermediário para que se façam chegar os comandos pretendidos ao destino. O leitores de RFID têm exatamente esse objetivo. Os seus aspeto físico surge em função da sua aplicação e características, havendo leitores fixos e móveis (Figura 2.15).



(a) Leitor RFID fixo da marca Intermec®



(b) Leitor RFID móvel da marca Intermec®



(c) Leitor RFID fixo para aplicação em veículos, da marca Intermec®

Figura 2.15: Aspeto físico de leitores RFID industriais (gamas de frequência UHF) - adaptado de [17]

As operações de ler e escrever que envolvam sistemas de transferência de dados são realizadas com base no princípio "Master-Slave". Isto significa que todas as operações que o leitor e a TAG efetuam estão dependentes da aplicação desenvolvida, ou seja, o *Software* funciona como *Master* e o leitor funciona como *Slave*. No entanto para executar um comando, o leitor tem que entrar em comunicação com a TAG e nesta situação o leitor funciona como *Master*. Um simples comando de leitura dado pela aplicação ao leitor pode iniciar uma série de etapas de comunicação entre o leitor e a TAG. As principais funções de um leitor são ativar a TAG, alimentá-la (caso seja necessário), estruturar a sequência de comunicação com a TAG e transferir dados entre a aplicação desenvolvida e a TAG [20].

Como já foi referido os leitores têm conectado a si as antenas que através destas conseguem enviar as suas mensagens (comandos). Os leitores controlam as antenas de forma a gerarem o pretendido campo de rádio-frequência. Quando uma TAG se move para o alcance de um campo de rádio-frequência, esta ativa-se estando pronta a receber qualquer comando proveniente do leitor. O leitor recebe o sinal da TAG através das suas antenas, descodifica o sinal e envia a informação para uma unidade de processamento de dados. Um leitor pode também transmitir sinais especiais a uma TAG, tais como, tornar uma TAG ativa, sincronizar a TAG com o leitor ou questionar toda ou uma parte dos dados presentes na memória da TAG [25].

Os leitores de RFID em todos os casos podem ser reduzidos a dois fundamentais blocos: o módulo de controlo e o módulo de rádio-frequência (Figura 2.16).

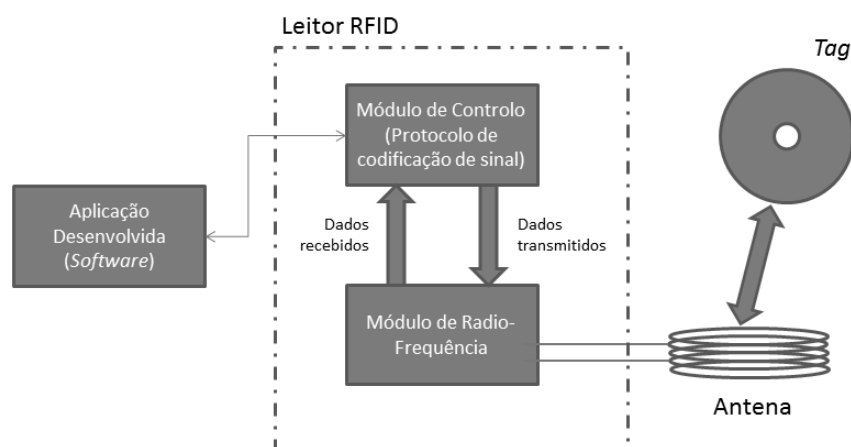


Figura 2.16: Esquema dos principais elementos de um leitor RFID - adaptado de [20]

Existem diferentes módulos de rádio-frequência, dependendo das gamas de frequência a que se destinam.

Para o caso da rádio-frequência com possibilidade de utilização em todo o mundo, 13.56 MHz, está-se perante um sistema de acoplamento leitor-TAG indutivo. O módulo de rádio-frequência tem como objetivo a geração e transmissão de energia para alimentar a TAG (no caso de ser do tipo passiva), a modulação do sinal a transmitir para envio de dados para a TAG e recepção dos sinais RF transmitidos pela TAG.

Na Figura 2.18 é apresentado um diagrama que representa o funcionamento de um leitor com acoplamento indutivo. Um sinal da frequência de operação é gerado por um oscilador de quartzo estável. O sinal do oscilador é lido por um módulo de modulação controlado pelo sistema de codificação de sinal e é codificado diretamente em sinais de nível de voltagem (níveis de *Transistor-Transistor Logic* (TTL)) em que os dados em formato binário são representados usando um código série (Manchester, Miller, *No Return to Zero* (NRZ)) - estes tipos de codificação estão representados na Figura 2.17. De seguida, o sinal modulado é amplificado e pode ser transmitido pela antena. No caso da recepção, o processo inicia-se na antena onde existe um filtro passa banda que, no caso de comunicações FDX/HDX, tem o objetivo de ignorar o sinal de transmissão de dados e filtrar só o sinal emitido como resposta da TAG. De seguida o sinal é amplificado e decodificado.

A principal diferença dos leitores do tipo *backscatter* para os do tipo indutivo é que estes, como operam a frequências típicas de 2.45 GHz, esta não é possível obter, diretamente, a partir de um oscilador, sendo necessária uma multiplicação da onda original em passos posteriores. Estes sistemas são do tipo HDX. Na Figura 2.19 observa-se que a multiplicação da frequência é efetuada após a modulação do sinal proveniente do oscilador. Neste tipo de leitores existe um *acoplador direcional* cuja função é separar os sinais transmitidos pelo próprio sistema, dos sinais fracos que chegam ao leitor. Na receção, o sinal é amplificado e decodificado.

Num sistema de RFID Sequencial, o envio e receção de dados são efetuados de forma sequencial. Este tipo de leitor possui um comutador que alterna entre o envio e a receção de dados. Neste caso, não existe filtro passa banda visto que, na receção de dados não existem ondas RF resultantes da alimentação por parte do leitor à TAG,

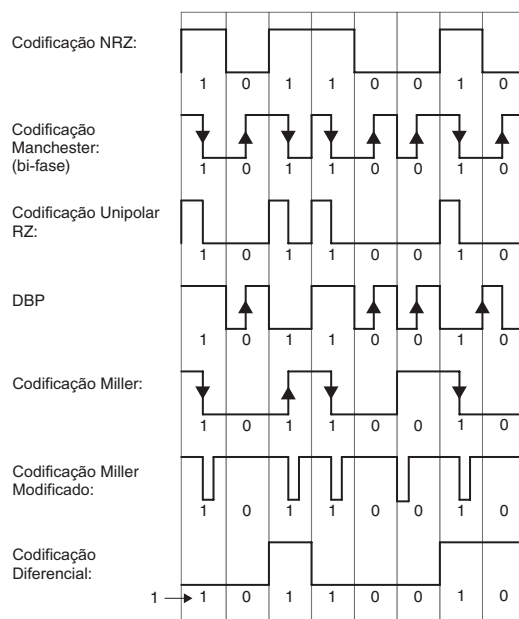


Figura 2.17: Tipos de Codificação - adaptado de [30]

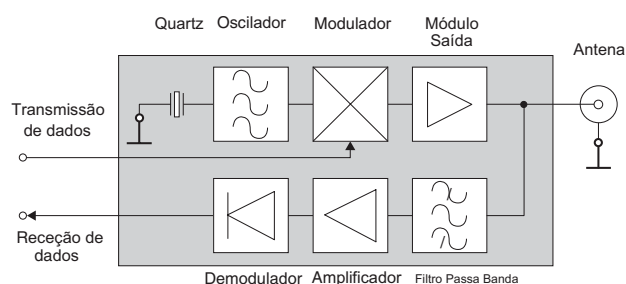


Figura 2.18: Diagrama de funcionamento do acoplamento leitor-TAG indutivo - adaptado de [30]

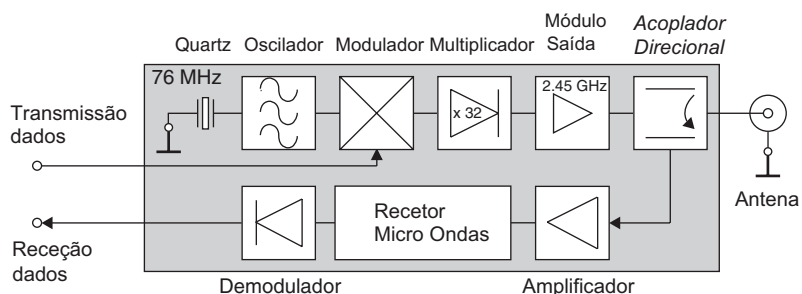


Figura 2.19: Diagrama de funcionamento do acoplamento leitor-TAG *backscatter* - adaptado de [30]

podendo o recetor ser ajustado para a sua máxima sensibilidade.

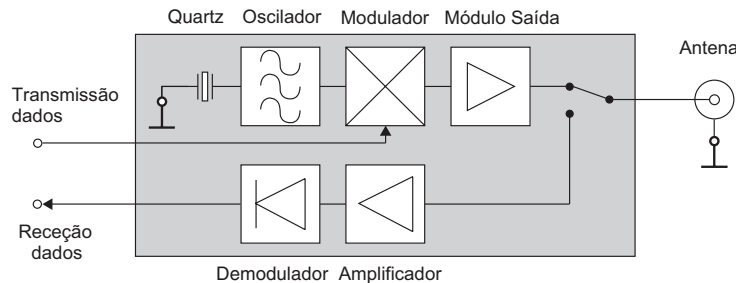


Figura 2.20: Diagrama de funcionamento de um sistema RFID do tipo sequência - adaptado de [30]

Quanto ao módulo de controlo, este tem como objetivo a comunicação com a aplicação *Software* e a execução de comandos, controlo da comunicação com a TAG (princípio *Master-Slave*) e ainda a codificação e decodificação de sinal, consoante se trate de envio ou recepção de dados. Em sistemas mais complexos ainda existe a função de execução de algoritmos de anticolisão. Esta unidade de controlo possui um μ controlador que executa as funções descritas anteriormente. A troca de dados entre a aplicação *Software* e a unidade de controlo do leitor é realizada por interface RS232, RS485 ou I2C.

2.2.2.6 *Software* do Sistema de RFID

As características e funcionalidades dos vários componentes de um *Software* de um sistema de RFID variam dependendo da aplicação e dos seus requisitos.

2.2.2.6.1 *Software* do leitor

Constituído pelas funções que permitem a interação entre a TAG e o leitor.

As funções mais básicas para interação com a TAG são a leitura e escrita de dados. A TAG acede à sua memória para ler os dados consoante o transmitido pelo leitor e a TAG devolve a informação pretendida. O mesmo se aplica para o caso da escrita de dados [26].

Há *softwares* de sistemas de RFID que possuem algoritmos de anti-colisão. Este *software* é usado quando estão presentes múltiplas TAGs no campo de RF e se pretende identificar vários objetos simultaneamente. É bastante aplicado em rastreabilidade de cadeias de fornecimento, em por exemplo, leituras de paletes que podem conter vários produtos, onde cada um deles tem uma TAG identificativa. Este *software* de anti-colisão permite que os produtos sejam identificados simultaneamente [26].

A segurança também é aplicada a este nível, sendo aplicadas alguns algoritmos de segurança na transmissão de dados entre a TAG e o leitor. Podem ser efetuadas trocas de dados encriptados ou então, as TAGs podem ser configuradas para que sejam trocado um código secreto entre o leitor e a TAG (autenticação) antes de iniciar o acesso aos seus dados internos. As TAGs com esta capacidade de segurança possuem um circuito interno (IC) mais complexo, aumentando o seu custo de aquisição comparativamente às TAGs passivas comuns.

2.2.2.6.2 Middleware A utilização da tecnologia RFID para a prática da rastreabilidade exige que sejam utilizados vários leitores. Para que seja possível interligar todos os leitores e se possa obter dados de todos eles, é necessária a utilização de uma camada intermédia - *Middleware*. Esta camada permite que seja estabelecida a ligação entre os leitores de RFID e o camada de interação com o utilizador.

Na maior parte dos casos, um *Middleware* RFID desempenha as funções de monitorização dos leitores (situações em que estão a ser utilizados mais do que um leitor de RFID na aplicação) e gestão específica da tecnologia RFID, ou seja, controlo de fluxo de mensagens e dados, em que tem aplicação direta em casos de integração de sistemas de RFID de marcas diferentes [26].

2.2.2.6.3 Aplicação Local A aplicação local recebe os dados provenientes da TAG, passando pelo leitor e de seguida pelo *software* de *Middleware*. Esta aplicação normalmente é um programa pré-existente na empresa, um *software* de controlo de produção ou de gestão da cadeia de fornecimento, que é adaptado para integrar os vários leitores de RFID. A aplicação local pode ser de interface com o utilizador, não sendo necessário que o utilizador se aperceba de todos os comandos trocados entre a aplicação e os leitores.

2.2.2.7 Normas

A criação e a adoção de Normas permite que as novas tecnologias sejam adotadas por um maior número de utilizadores, levando a que haja uma maior oferta de mercado e com custos de aquisição mais baixos. Desta maneira são evitados custos adicionais, que são incontornáveis quando se adotam sistemas não normalizados, obrigando o proprietário a adaptar todo o seu sistema de modo a compatibilizar com outros normalizados. As Normas permitem que várias empresas trabalhem juntas, desde que usem um sistema com a mesma Norma [26].

Existem atualmente inúmeras normas RFID provenientes de diferentes organizações de todo o mundo, tendo como objetivo a padronização dos trabalhos entre elementos da mesma organização.

São apresentadas de seguida algumas organizações responsáveis pela criação de algumas Normas [19]:

- **ANSI** (American National Standards Institute)
- **AIAG** (Automotive Industry Action Group)
- **EAN.UCC** (European Article Numbering Association International, Uniform Code Council)
- **EPCglobal**
- **ISO** (International Organization for Standardization)
- **CEN** (Comité Européen Normalisation)
- **ETSI** (European Telecommunications Standards Office)
- **ERO** (European Radiocommunications Office)
- **UPU** (Universal Postal Union)
- **ASTM** (American Society for Testing and Materials)

A ISO é das mais conhecidas e importantes organizações sendo constituída por uma rede de instituições destinadas à normalização, provenientes de mais de 148 países. Desde o seu início, a ISO publicou mais de 13.000 normalizações internacionais para as mais variadas indústrias. A tecnologia RFID conta com normalizações ISO, sendo enumeradas de seguida as principais [26].

- **ISO 11784, 11785 e 14223:** normalizações destinadas à identificação de animais com a tecnologia RFID;
- **ISO 10536, 14443 e 15693:** normalizações destinadas à definição de características físicas, anti-colisão e transmissão de dados. Os cartões com IC sem contacto (*Smart Cards*) são abrangidos por estas normalizações;
 - **ISO/IEC 10536:** *Close-coupling* (cartões que exigem praticamente o contacto - 0 a 1 cm de distância de leitura da TAG);
 - **ISO/IEC 14443:** *Proximity-coupling* (cartões de proximidade - 0 a 10 cm de distância de leitura da TAG) - Norma descrita mais a diante;
 - **ISO/IEC 15693:** *Vicinity-coupling* (cartões de vizinhança - 0 a 1 m de distância de leitura da TAG) - Norma descrita mais a diante;
- **ISO 10374:** normalização destinada à especificação de todos os requisitos necessários para a identificação automática de contentores de carga;
- **ISO 15961, 15962 e 15963:** normalizações destinadas à identificação e aquisição de dados automática de objetos - gestão de objetos (cadeias de fornecimento). Estão incluídas informações de gestão, protocolo de dados, interface da aplicação, codificação dos dados, funções de memória e atribuição de ID à TAG;
- **ISO 18000 Series:** a maioria das normalizações desta série são destinadas igualmente à gestão de objetos;

2.2.2.8 EPCglobal

Como já foi referido, o *Auto-ID Center* iniciou a criação de uma Norma que facilita a interoperabilidade a grande escala entre mercados com o objetivo de facilitar a troca de dados entre empresas, especialmente em cadeias de fornecimento, sendo criada a organização EPCglobal. As pesquisas associadas foram financiadas não só pela GS1, mas também por 103 empresas Europeias, Americanas e Asiáticas, de grande, pequena e média dimensão. Como resultado do trabalho realizado pelo *Auto-ID Center*, foi constituída, no seio da GS1, a GS1 EPCglobal responsável por orientar a adoção global da tecnologia EPC, através de Normas abertas de adesão voluntária, para a GS1 EPCglobal Network [31]. A EPCglobal, como organização responsável pela criação de normalizações com aplicação em cadeias de fornecimento utilizando a tecnologia RFID, foi criada com a intenção de melhorar a visibilidade dos objetos [24]. Tem como objetivo a normalização na identificação eletrónica de produtos, sendo considerado como uma alternativa/complemento ao CB ou mesmo sucessor. Com vista ao sucesso no desenvolvimento da tecnologia RFID em todo o mundo é essencial que estas Normas abertas e não proprietárias existam.

O EPC é o código identificativo eletrónico de um produto que representa de forma única um objeto específico na cadeia de fornecimento. Este é guardado numa TAG e

quando é capturado por um leitor, os dados associados a ele (origem, data de produção, número de série, entre outros) podem ser acedidos (BD). O EPC pode conter outros identificadores-chave GS1 tais como [31]:

- **GTIN** (*Global Trade Item Number*)
- **GRAI** (*Global Returnable Asset Identifier*)
- **GIAI** (*Global Individual Asset Identifier*)
- **SSCC** (*Serial Shipping Container Code*)

Com a inclusão destes identificadores no EPC do produto é reforçada a capacidade de se poder identificar cada objeto de forma única.

2.2.2.8.1 GS1 EPCglobal Network É um conjunto de tecnologias que permite que sejam partilhadas informações, coletadas no chão da fábrica, entre as várias empresas. É constituída por:

- **EPC**
- **TAG EPC:** local onde é guardado o código identificativo do produto;
- **Leitor EPC:** responsável pela deteção da TAG e respetiva leitura do EPC;
- **Middleware EPC:** *software* que permite alertas e gere a informação básica da comunicação *EPC Information Service* (EPCIS) com sistemas de informação existentes nas empresas;
- **EPC Information Services (EPCIS):** gere a partilha de dados relativos a um EPC entre parceiros comerciais;
- **Discovery Services:** serviços de pesquisa que permitem aos utilizadores encontrarem informações relativa a um determinado EPC, através do ONS (*Object Name Service*):

Após a leitura da TAG EPC, o leitor passa o código EPC ao computador para aceder, através do EPCIS, ao ONS. O ONS não é mais do que um indicador, de onde a informação que se pretende localizar, está presente. Os dados provenientes das empresas são guardados nos seus próprios EPCIS, sendo o ONS responsável por saber onde se localiza a informação de determinado produto. O EPCIS, para além de conter informações dos produtos, oferece também os meios para comunicar. O *Middleware* é responsável por gerir e movimentar a informação para que não haja sobrecarga das redes existentes [31].

Na Figura 2.21 estão presentes os vários componentes da GS1 EPCglobal Network, estando representada a forma como estes interagem entre eles. Como é possível observar, o produto, que possui uma TAG com o seu EPC é detetada em várias empresas, ficando registado a sua permanência na empresa nos seus sistemas internos. Caso se pretenda obter dados relativos a um EPC, o ONS é responsável por coletar todos os dados presentes nas empresas sobre este produto, devolvendo as informações ao EPCIS da empresa que solicitou a pesquisa.

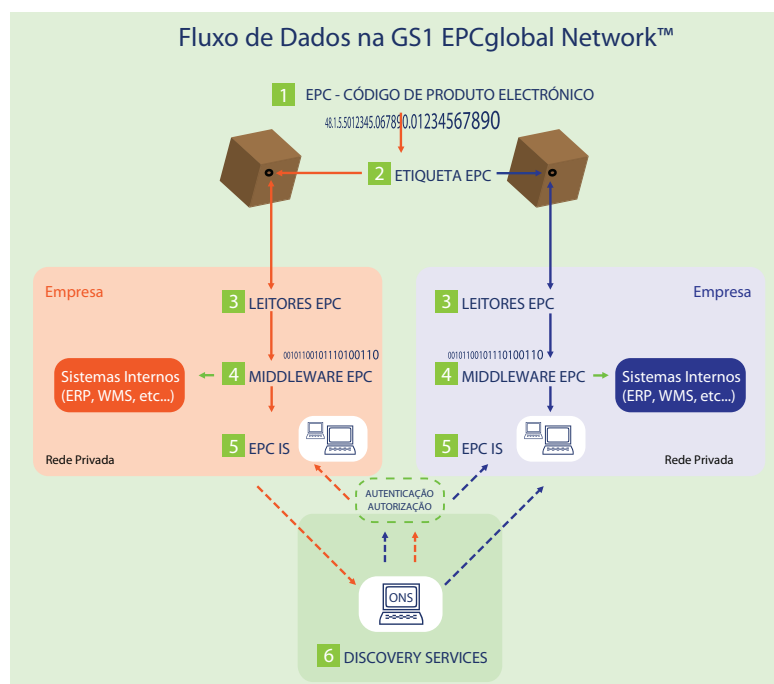


Figura 2.21: Arquitetura da GS1 EPCglobal Network [31]

2.2.2.8.2 Protocolos de interação TAG - Leitor Inicialmente foram propostos os seguintes protocolos:

- **900 MHz Class 0 RF Identification TAG Specification:** define a interface e o protocolo que permite comunicações entre o leitor e a TAG cuja frequência de trabalho é 900 MHz (UHF). As TAGs classificadas como *class 0* são do tipo *Read-Only*, sendo estas configuradas com o EPC durante a sua fase de fabrico. Existe ainda a designação *class 0+* que significa que as TAGs já são do tipo *Read-Write*.
- **13.56 MHz ISM Class 1 RF Identification TAG Specification:** define a interface e o protocolo que permite comunicações entre o leitor e a TAG cuja frequência de trabalho é 13.56 MHz (HF). As TAGs classificadas como *class 1* podem ser do tipo WORM (*write once, read many*) ou do tipo RW.
- **860 MHz/930 MHz Class 1 RF Identification TAG Specification:** define a interface e o protocolo que permite comunicações entre o leitor e a TAG cuja frequência de trabalho é de 860 MHz a 930 MHz (leitores e TAG com acoplamento do tipo *backscatter*). Os tipos de TAGs permitidas são as WORM e as RW.

No entanto, com vista a melhorar algumas limitações das normalizações classificadas como *Generation 1* (descritas anteriormente) foi apresentada uma nova normalização (atualização) com o nome *EPC UHF Class 1 Generation 2*. Esta é destinada a sistemas RFID com frequências de funcionamento entre os 860 MHz e os 930 MHz, permitindo um melhor desempenho e suportando um maior número de *bits* para a codificação do EPC. Além disso esta normalização possui uma aplicação para casos de ambientes densos de leitores, minimizando as interferências provocadas nestes casos [26; 31].

2.2.2.9 ISO/IEC 14443: *Identification Cards - Proximity-Coupling Smart Cards*

Esta Norma descreve o método e os parâmetros de operação dos cartões de proximidade, estando estruturada em quatro partes.

2.2.2.9.1 Parte 1: Características Físicas Define as propriedades mecânicas dos *Smart Cards*. São especificadas as dimensões padrão dos cartões (85.72 x 54.03 x 0.76 com tolerâncias), apresentados resultados de testes físicos efetuados (flexão e torção) e ainda testes de radiação (UV, Raio-X e eletromagnética).

2.2.2.9.2 Parte 2: Interferência RF O acoplamento deste tipo de cartões e leitores (ligação entre os dois elementos) é designado de acoplamento indutivo. A alimentação dos cartões é efetuada pela variação do fluxo de campo magnético gerado pelo leitor, na frequência de transmissão 13.56 MHz. O cartão possui entre 3 a 6 enrolamentos de fio de maneira a puder interagir com o leitor. O campo magnético gerado pelo leitor tem que ser suficiente de maneira a se obter uma intensidade de campo magnético dentro do intervalo: $1.5 \frac{A}{m} \leq H \leq 7.5 \frac{A}{m}$.

Existem 2 tipos de comunicação entre o leitor e os cartões, designados de tipo A e tipo B. Um cartão está preparado para um único tipo de comunicação, no entanto um leitor normalmente está possibilitado de usar os dois tipos de comunicação. Na Tabela 2.2 são apresentadas algumas características dos dois tipos de comunicação para ambos os sentidos de transferência de dados (leitor -> cartão ou vice-versa), sendo especificado o tipo de modulação da onda e a sua codificação.

Tabela 2.2: ISO14443: Características das comunicações Tipo A e Tipo B - adaptado de [20]

Leitor -> Cartão		Tipo A	Tipo B
Modulação		ASK 100%	ASK 10%
Codificação		Miller modificado	NRZ
Sincronização		Ao nível do <i>bit</i>	1 start e 1 stop <i>bit</i> por <i>byte</i>
<i>Baud Rate</i>		106 kBit/s	106 kBit/s
Cartão -> Leitor		Tipo A	Tipo B
Modulação		Sub Camada - ASK	Sub Camada - BPSK
Codificação		Manchester	NRZ
Sincronização		1 <i>bit</i> de sincronização	1 start e 1 stop <i>bit</i> por <i>byte</i>
<i>Baud Rate</i>		106 kBit/s	106 kBit/s

2.2.2.9.3 Parte 3: Inicialização e Anticolisão Depois do cartão estar ao alcance do campo RF do leitor, resta ao leitor dar início à comunicação entre este e o cartão. Havendo uma tensão suficiente, o microprocessador presente no cartão pode dar início ao seu funcionamento - inicialização.

- **Tipo A:** Depois da inicialização o cartão é verificado sendo colocado de seguida em *IDLE mode*. É enviada uma mensagem do leitor para o cartão (pedido de início de comunicação - *Request* - constituída por 1 *byte*), sendo enviado de volta um

bloco de volta ao leitor com 2 *bytes*. Depois da confirmação por parte do cartão, a comunicação encontra-se em *ready state*. De seguida são executados os algoritmos de anticolisão, sendo iniciada a seleção do cartão com o qual se estabelecerá os restantes trocas de mensagem. O cartão responde com uma mensagem de reconhecimento do comando de seleção. A comunicação está neste momento no seu estado ativo.

- **Tipo B:** A inicialização é feita em *IDLE mode*. O cartão espera por uma mensagem vinda do leitor para pedido de início de comunicação (*Request*). Nessa mensagem é feita uma pré-seleção identificando o grupo de aplicação do cartão (código AFI). Os cartões com o tipo de aplicação escolhido devolvem como resposta um *byte* com informações relativas à inicialização do algoritmos de anticolisão. Depois o cartão responde com algumas informações próprias. Ao contrário dos cartões do Tipo A, o *serial number* dos cartões do Tipo B não são necessariamente guardados no seu circuito interno, sendo atribuído um número aleatório em todas as ativações. De seguida o cartão é selecionado.

2.2.2.9.4 Parte 4: Protocolos Transmissão Depois da comunicação ter sido estabelecida entre o leitor e o cartão, comandos como de leitura, escrita, e em geral, de processamento de dados podem ser enviados para o cartão. Quanto à estrutura do protocolo de dados, nos cartões do Tipo A são necessárias algumas confirmações (para o caso de diferentes leitores e diferentes cartões) que têm que ser transferidas. Nos cartões do Tipo B estas configurações já foram transferidas durante o processo de anticolisão.

A seleção de um cartão no ciclo de anticolisão é confirmado pelo cartão. A confirmação contém a informação se o protocolo que foi implementado no cartão é de acordo com o ISO14443-4 ou se foi implementado um protocolo proprietário (por exemplo: MIFARE®).

2.2.2.10 ISO/IEC 15693: Identification Cards - Vicinity-Coupling Smart Cards

Esta Norma descreve o método e os parâmetros de operação dos cartões de vizinhança, estando estruturada em três partes.

2.2.2.10.1 Parte 1: Características Físicas A primeira parte da Norma define as características físicas dos cartões, sendo as dimensões iguais às do ISO14443 (85.72 x 54.03 x 0.76 com tolerâncias). São apresentados os resultados de testes de flexão, torção e ainda testes de radiação.

2.2.2.10.2 Parte 2: Interface de Comunicação e Inicialização A alimentação do cartão é efetuada pela alternância do fluxo de campo magnético gerado pelo leitor - acoplamento indutivo - 13.56 MHz. O cartão tem entre 3 a 6 enrolamentos de fio de forma a puder interagir com o leitor. O campo magnético gerado pelo leitor tem que ser suficiente de maneira a se obter uma intensidade de campo magnético dentro do intervalo: $115 \frac{mA}{m} \leq H \leq 7.5 \frac{A}{m}$. Salienta-se que neste tipo de cartões (ISO15693) a intensidade magnética mínima para ocorrer a interação entre o leitor e o cartão é bastante inferior ao dos cartões respeitantes da norma ISO14443.

Quanto à transferência de dados entre o leitor e o cartão, esta é efetuada segundo uma modulação de sinal e respetiva codificação. As propriedades da comunicação dependem do sentido da transferência de dados, por isso são apresentadas na Tabela 2.3, as principais características da comunicação dependendo do sentido de transferência.

Tabela 2.3: ISO15693: Características Comunicação Leitor -> Cartão e vice-versa - adaptado de [20]

Leitor -> Cartão	
Modulação e Codificação	ASK 10% + Codificação "1 of 256"(Modo Longas Distâncias) ASK 100% + Codificação "1 of 4"(Modo Rápido)
Baud Rate	Modo Longas Distâncias: 1,65 kBit/s Modo Rápido: 26,48 kBit/s
Cartão -> Leitor	
Modulação	Sub Camada - ASK ou FSK
Codificação	Manchester
Baud Rate	Modo Longas Distâncias: 6,62 kBit/s Modo Rápido: 26,48 kBit/s

2.2.2.10.3 Parte 3: Anticolisão e Protocolo de Transmissão Para esta parte da Norma não foi possível aceder ao conteúdo, mas de uma maneira geral este começa por descrever o ciclo de anticolisão que permite selecionar o cartão. Depois de executado o algoritmo, a troca de comandos entre o leitor e o cartão pode ser executada de duas maneiras:

- **Modo Endereçado:** o cartão é selecionado e de seguida os comandos trocados são destinados ao cartão previamente selecionado;
- **Modo Não-Endereçado:** cada comando que é enviado do leitor para o cartão contém o ID do cartão com o qual pretende comunicar;

2.2.2.11 Prós e Contras da Tecnologia RFID

Os sistemas de RFID tiveram uma crescente adoção em todo o mundo. Isto deve-se certamente às vantagens que um sistema deste tipo pode trazer nas suas variadas aplicações. Algumas vantagens foram apresentadas durante a descrição da tecnologia, contudo algumas delas são apresentadas de seguida [2; 5; 19; 26]:

- Possibilidade de automatização de processos de obtenção de dados com um alto nível de desempenho - aplicabilidade em várias áreas industriais;
- Capacidade das TAGs armazenarem dados que podem ser modificados e atualizados durante os vários pontos de passagem (podem ser submetidas a um grande número de ciclos de escrita);
- Uma TAG RFID pode ser lida sem nenhum tipo de contacto;
- Geralmente não é necessário que se estabeleça contacto visual entre a TAG e o leitor;
- Variados intervalos de distância de leitura entre o leitor e a TAG;

- Elevada capacidade de memória das TAGs;
- Existência de algoritmos de anticolisão que permitem que sejam lidas várias TAG presentes no mesmo campo RF do leitor;
- As TAGs são classificadas como robustas em ambientes industriais;

No entanto, estes sistemas também apresentam algumas limitações [2; 19; 26; 32] que são descritas de seguida:

- Falha de transmissão de dados com a utilização de TAGs em certos materiais (por exemplo, materiais metálicos), ou seja, materiais que interfiram com o campo RF criado pelo leitor;
- Apesar da tecnologia RFID não necessitar de que seja estabelecido um contacto visual entre a TAG e o leitor, a distância de leitura fica comprometida consoante o limite de profundidade de que o campo RF consegue penetrar;
- É uma tecnologia que está em constante evolução, o que em certos casos pode gerar inconveniência para sistemas já implementados;
- Muitos construtores de dispositivos RFID criam as suas próprias patentes de produto, resultando na adoção de uma Norma própria para o sistema, sendo por vezes abrangente a um grupo de produtos. Isto provoca uma incompatibilidade entre sistemas, sendo na maioria dos casos indesejável, visto que para o caso de uma cadeia de fornecimento estão em jogo vários tipos de leitores, podendo cada família ter uma Norma diferente;
- Variadas frequências de funcionamento (exemplo presente para a gama de frequências UHF - Figura 2.14), vários tipos de acoplamento, desencadeando a existência de várias Normas para cada tipo de sistema RFID.
- Dificuldade na adoção de uma Norma. Ausência de uma Norma comum para os sistemas RFID, o que leva a que haja uma falha de interoperabilidade.

2.2.2.12 Privacidade e Segurança

A tecnologia RFID, tal como qualquer tecnologia sem fios utilizando um campo RF para estabelecer comunicação entre o leitor e a TAG tem sempre um conjunto de aspetos que necessitam de atenção com vista à segurança na troca de dados.

Uma TAG pode ser lida a alguns centímetros de distância do leitor, possibilitando leituras indesejáveis, nomeadamente a possibilidade de acesso a dados privados/confidenciais e possibilidade de identificar objetos pessoais e assim poder seguir todos os seus passos [5; 6].

Algumas TAGs possibilitam o acesso ao seu conteúdo automaticamente após a sua deteção, no entanto a existência de algumas Normas para esta interação entre o leitor e a TAG dificultam este processo. Além disso, existem TAGs que exigem procedimentos de autenticação para o acesso aos seus dados internos. As comunicações entre os leitores e as TAGs são, na maioria dos casos, desprotegidas, à exceção de sistemas com a Norma ISO14443 adotada. A maioria dos sistemas RFID possuem algoritmos de controlo de dados (CRC), no entanto estes são utilizados com o objetivo de certificar que os dados transferidos mantêm a sua integridade, podendo a mensagem ser intersetada na mesma [33].

O ID que cada TAG possui, podendo ser manipulado também pode trazer graves problemas para a autenticidade dos dados. Das TAGs estudadas, o bloco de dados destinado à inclusão do seu ID é protegido contra a escrita, sendo este escrito no seu processo de fabrico, no entanto podem haver TAGs que permitam esta alteração. No que toca à obtenção do ID da TAG de forma indesejada, esta situação pode trazer consequências negativas visto que este ID pode conter algumas informações associadas, permitindo que sejam alcançadas informações confidenciais, comprometendo a segurança dos dados.

Algumas TAGs, em particular as que adotam a Norma ISO14443 e as da marca Mifare®, reforçam os procedimentos de autenticação (chaves de autenticação) antes de conceder acesso a um determinado bloco de dados e além disso possuem formas de encriptação de dados. As TAGs que respeitam a Norma ISO15693 também propõem um protocolo de autenticação e ainda permitem que sejam escritos blocos permanentemente, garantindo assim uma integridade dos dados [33].

2.2.3 Outras Tecnologias de Identificação Automática

2.2.3.1 NFC

Os sistemas NFC permitem estabelecer uma comunicação sem fios entre dispositivos similar à tecnologia *Bluetooth*. A transmissão entre dispositivos é efetuada com base em campos magnéticos com alternância de alta frequência (13.56 MHz), possibilitando transmissão de dados até 20 cm. Um dispositivo NFC é constituído por um transmissor a 13.56 MHz e um recetor a 13.56 MHz que são alternadamente conectados à antena - Figura 2.22. Cada módulo NFC pode ser configurado como *Master* ou *Slave*. Existem dois modos de comunicação: o modo ativo e o modo passivo.

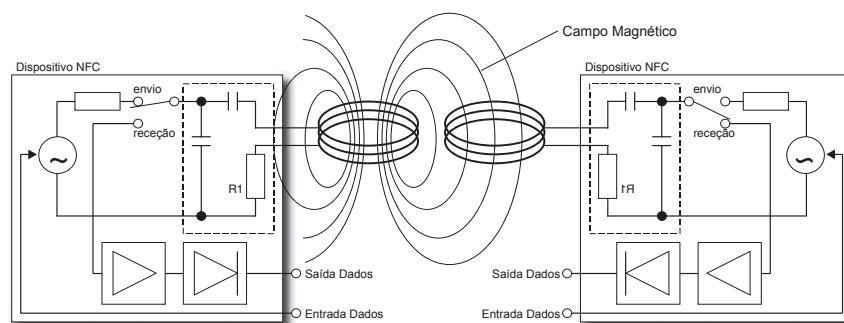


Figura 2.22: Princípio de Funcionamento Tecnologia NFC - adaptado de [20]

No modo ativo quando é estabelecido uma comunicação entre o *Master* e o *Slave*, o fluxo de dados ocorre só num sentido. Para o fluxo de dados ocorrer em sentido contrário os dispositivos têm que inverter as suas funções. A comunicação é estabelecida com uma modulação ASK, tal como nos sistemas RFID na comunicação entre os leitores e as TAGs.

No modo passivo a comunicação é estabelecida entre os dispositivos e, após a troca de dados entre eles, a comunicação não é interrompida continuando a ser transmitidos sinais não modulados. Seguidamente, o dispositivo *Slave* está pronto a responder ao *Master*. Neste modo é possível ler TAGs do tipo passivas e, além disso, é possível

comunicar entre um leitor RFID e um dispositivo NFC, bastando estarem próximos um do outro. Neste caso, o dispositivo NFC funciona como um *Smart Card* [20].

A GS1 também está a efetuar testes e estudos relativamente a esta tecnologia, para que posteriormente possa publicar uma Norma para utilização de dispositivos NFC [34].

2.2.3.2 *Smart Card*

Um *Smart Card* é um sistema de armazenamento de dados eletrónico com possibilidade de ter uma capacidade adicional de computação (*microprocessor card*) que é incorporado num cartão de plástico do tamanho de um cartão de crédito. Os primeiros *Smart Cards* foram utilizados nos telefones públicos com pré-pagamento em 1984. São inseridos num leitor que através do contacto de molas com as zonas de contacto do *Smart Card* consegue estabelecer a comunicação - Figura 2.23. O *Smart Card* é alimentado com uma tensão e é dado sinal de *clock* através do leitor. Os dados são transferidos entre o leitor e o cartão usando uma comunicação série bidireccional [20].

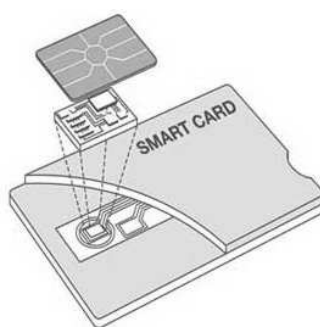


Figura 2.23: *Smart Card*

Uma das principais vantagens do *Smart Card* é o facto dos dados armazenados poderem ser protegidos de acessos indesejáveis e manipulações. Efetuam todos os serviços de informação ou transações financeiras de forma simples, segura e barata. Por esta razão foram emitidos em todo o mundo 200 milhões de *Smart Cards* em 1992 e em 1995 subiu para 600 milhões, dos quais 500 milhões foram *memory cards* e 100 milhões foram *microprocessor cards* (capacidade de processamento). Uma das desvantagens do contacto entre o leitor e o cartão é a eminência de desgaste, corrosão e sujidade. Os leitores exigem grandes custos de manutenção pois têm um elevado risco de avaria [20].

2.2.3.3 Processos Biométricos

Biometria é definida como uma ciência de contagem e medição envolvendo seres vivos. No contexto de sistemas de identificação, biometria é o termo geral para todos os procedimentos que têm como objetivo a identificação de pessoas comparando inconfundíveis e individuais características físicas. Na prática, são processos de identificação por impressão digital, identificação por voz e, menos comum, identificação por retina (ou iris) [20].

2.2.3.4 Visão Artificial

Campo alargado que inclui todas as ciências e técnicas que permitem o estudo e aplicação de todas as atividades relacionadas com o uso de imagem, sua interpretação e reconstrução de cenas. A visão artificial tem variadas aplicações, no entanto, no âmbito industrial as mais utilizadas são as seguintes:

- **Controlo de Qualidade:** avaliação de conformidade (cor e outros pormenores), diagnóstico automático (contagens, fatores de forma);
- **Metrologia:** avaliação automática de distâncias, áreas e volumes;
- **Monitorização:** segurança (invasões de espaços), processos tecnológicos (análise de deformações, geometrias), linhas de montagem (verificação de componentes, seleção de componentes, deteção de geometria e dimensões);

2.2.3.5 OCR

O OCR foi usado pela primeira vez em 1960 e é considerado um sistema de visão artificial. Fontes especiais personalizadas foram desenvolvidas para esta aplicação, que poderiam ser lidas quer normalmente pelas pessoas, quer automaticamente pelas máquinas. A mais importante vantagem de sistemas de OCR é alta densidade de informação e a possibilidade de ler dados visualmente numa emergência.

Atualmente, o OCR é usado na produção, serviços e áreas administrativas, e também em bancos para o registo de cheques. No entanto, os sistemas de OCR falharam na sua globalização pelo seu preço elevado e pelo elevado grau de exigência de manutenção dos leitores comparado com outros sistemas de identificação [20].

2.3 Publicações Científicas

Após uma pesquisa na literatura científica (artigos e teses) conseguiu-se obter alguns dados relativamente ao tema de rastreabilidade, focalizando a pesquisa a aplicações de sistemas de RFID. De seguida são apresentados alguns artigos e respetiva informação mais importante.

- *Application Research of RFID in Supply Chain Management* [35]

Neste artigo o problema identificado é a partilha de informação e cooperação entre as várias empresas existentes durante o ciclo de vida de um produto. A solução consiste num sistema de RFID baseado em serviços *Web*.

A implementação compreende um barramento de serviços, onde o *Public Service Infrastructure* (PSI) pode conectar todas as empresas que usem o RFID através da *Internet*. O *Data Manager* controla e trata os dados obtidos através de RFID, CB, dados de processo e informações dos produtos. O *Middleware* permite a conexão com equipamentos locais para fazer a integração com *Softwares* de sistema de camadas superiores. O *RFID Coding System* cria um código cómodo (universal) para futuras comunicações entre empresas (Figura 2.24).

O serviço *Web* é orientado segundo *Service Oriented Architecture* (SOA) (abordagem arquitetural corporativa que permite a criação de serviços de negócio interoperáveis que podem facilmente ser reutilizados e compartilhados entre aplicações e

empresas) que permite que os sistemas de RFID sejam mais facilmente expandidos e melhorados.

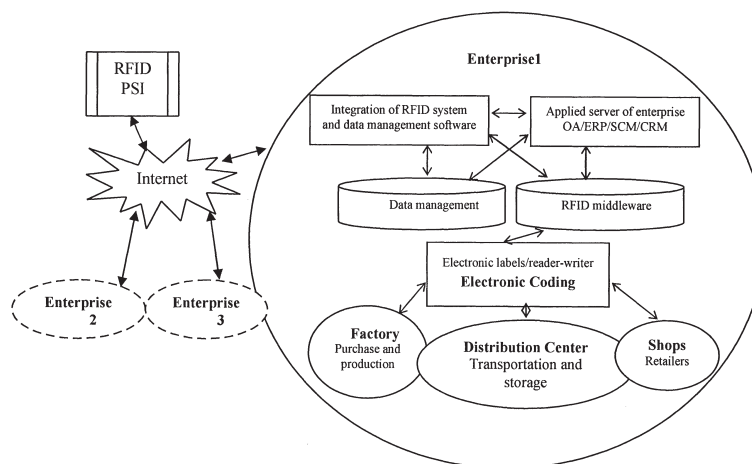


Figura 2.24: Solução proposta pelos autores de [35] - Serviços Web

• *Modeling RFID Data to Support Information Sharing* [36]

Os autores deste artigo identificam o problema como sendo a partilha de dados entre empresas da cadeia de fornecimento de um determinado produto, ou seja, as relações entre produtores e retalhistas/distribuidores. Como solução é necessário que as empresas partilhem um modelo comum entre elas de partilha de informação. Quanto às camadas físicas propostas são apresentadas as seguintes (Figura 2.25):

- "*Tag Data*": contém o UID (número de série da TAG) e a chave de dados (número de série do produto, a origem, o destino e a data de validade, por exemplo). Na maior parte das vezes o leitor de RFID só lê o conteúdo das TAGs em vez de acrescentar dados/informações. As informações mais detalhadas são guardadas em BD.
- "*Information Service (IS) Data*": dados de maior detalhe que são guardados no servidor das empresas IS e não precisam de estar no formato normalizado.
- "*PSI Data*": dados partilhados na cadeia de fornecimento de um determinado produto, em que o controlo de dados partilhados é efetuado através do IS. Os dados devem estar na forma normalizada. É nesta camada superior que é possível recolher todos os dados importantes de um determinado produto, com detalhe em cada etapa de fabrico/produção.

Quanto à estratégia de normalização dos dados é apresentado o modelo 4W que se focaliza essencialmente nos tópicos mais importantes a obter durante a rastreabilidade. São as perguntas *Who?* (Quem?), *What?* (O quê?), *When?* (Quando?) e *Where?* (Onde?). É apresentado na Tabela 2.4 um exemplo de dados a obter durante uma cadeia de fornecimento de um produto.

Apresentam também uma solução relativamente à partilha de dados (*Data Sharing Model*) entre duas empresas, em que uma empresa fornece a localização do

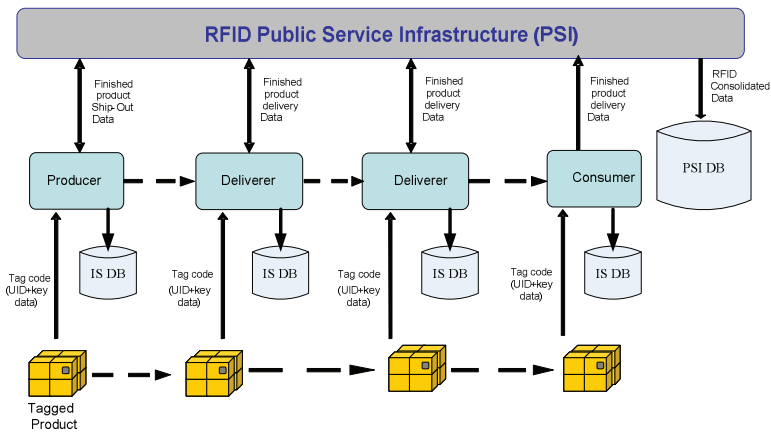


Figura 2.25: Solução proposta pelos autores de [36] - Modelo de 3 camadas

Tabela 2.4: Modelo 4W - adaptado de [36]

	Produtor	Distribuidor 1	Distribuidor 2	Retalhista
Quem? (Responsável)	Operador	Operador	Operador	Operador
O quê? (Estático)	- Informações do produtor - Informações do produto	Informações do distribuidor 1	Informações do distribuidor 2	- Informações do retalhista - Informações do cliente
O quê? (Dinâmico)	Dados de saída de produto	Dados de distribuição	Dados de distribuição	Dados de distribuição
Quando? (Tempo)	- Data e hora de produção - Data e hora de saída	- Data e hora de entrada - Data e hora de saída	- Data e hora de entrada - Data e hora de saída	- Data e hora de entrada - Data e hora de <i>check-out</i>
Onde?	Destinatário	- Remetente - Destinatário	- Remetente - Destinatário	Remetente

servidor IS (endereço IP) e a outra acede aos dados permitidos. A partilha entre três ou mais empresas dá-se de forma idêntica em que há um servidor que fornece a localização dos servidores das respetivas empresas.

Na sua implementação prática trabalharam com seis servidores conectados entre si através de *Web Services*.

- **ECA Rule-based RFID Data Management [37]**

Os autores deste artigo identificaram o problema como a dificuldade de gestão de grandes volumes de dados provenientes de um sistema de RFID, ou seja, resume-se a um problema de filtragem de dados. Outro problema identificado é a integração de sistemas de rastreabilidade em sistemas de dados empresariais existentes e fornecer dados válidos para outras aplicações.

Como solução é apresentada uma proposta baseada num gestor de tarefas (*Rule Engine*) que é capaz de ter um conjunto de ações predefinidas e interpretar dados em massa. A solução passa pela agregação de dados, alteração do estado dos produtos durante a cadeia de fornecimento (melhoramento da visibilidade sobre a linha de produção) e ainda ajuda, no que respeita, à tomada de ações quando há desvio de materiais e identificação de materiais contrafeitos. Para responder a estes desafios, o gestor de tarefas pode ser eficientemente utilizado, possibilitando rapidamente a tomada de decisões baseadas em centenas de milhares de factos, com segurança e repetidamente, possibilitando ainda um melhor processamento e análise por parte das máquinas. Usar as regras de *Event Condition Action* (ECA) (conjunto de regras para quando um evento é detetado que permite avaliar as condições, e se a condição for satisfeita, executar a ação) não restringe as funcionalidades do RFID, apenas define o caminho correto para a gestão de dados e ações. A Figura 2.26 representa a solução proposta onde está presente o módulo de gestão e configuração (onde o utilizador faz a sua personalização relativamente aos dados mais importantes a obter) que influencia diretamente os dados finais e vitais para o correto funcionamento da empresa. Paralelamente existe a partilha de dados através do EPCIS local com a *EPC Network*, mantendo toda a cadeia de fornecimento devidamente atualizada e interligada.

De seguida serão apresentadas algumas teses sobre o tema.

- **Sistemas de Supervisão e Controlo Integrado [38]**

O autor desta dissertação teve como objetivo a criação de um sistema de supervisão e controlo de PLCs (sistema *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA)), local e remoto, de fácil integração com os sistemas existentes (camadas inferiores), e que possibilite ao utilizador aplicar as funções criadas numa aplicação remota de forma transparente e simples. O problema identificado é a troca de dados entre os recursos e os clientes remotos. Como solução parte-se para a criação de 2 tipos de serviços *Web*:

- Serviços comuns aos equipamentos e independentes da marca ou modelo, para que qualquer cliente consiga gerir um processo - Clientes em geral;

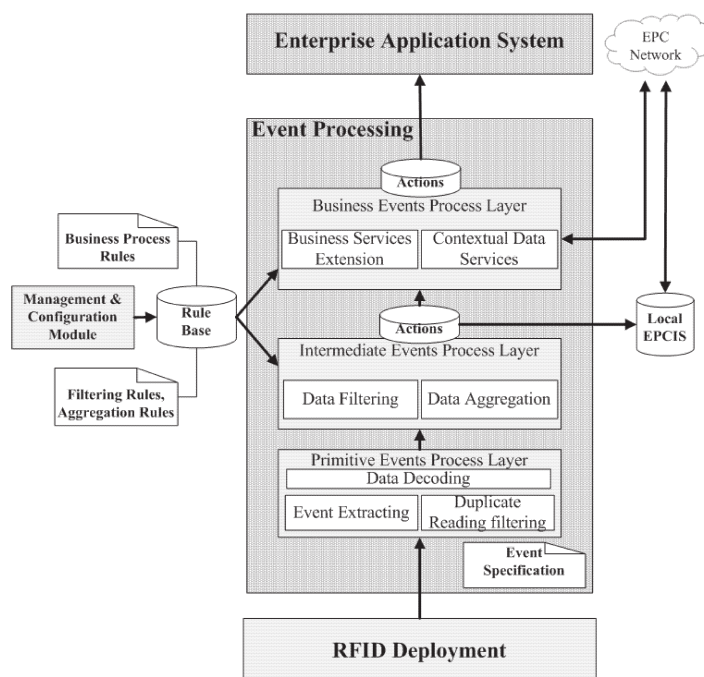


Figura 2.26: Fluxo de informação do *Middleware* da solução proposta pelos autores de [37]

- Serviços para clientes familiarizados com os seus recursos e programas, que saibam quais as variáveis e parâmetros para realizar determinadas tarefas - Clientes específicos;

Foi implementada uma aplicação local que interpreta os pedidos provenientes das aplicações cliente e efetua a comunicação com os equipamentos, colocando os dados provenientes destes na BD para posterior consulta por parte dos clientes (Figura 2.27). A aplicação de ligação entre as aplicações cliente e os equipamentos foi feita em Microsoft Visual Basic®. A plataforma de comunicação com os *Programmable Logic Controller* (PLC)'s não exige *hardware* ou *software* adicional.

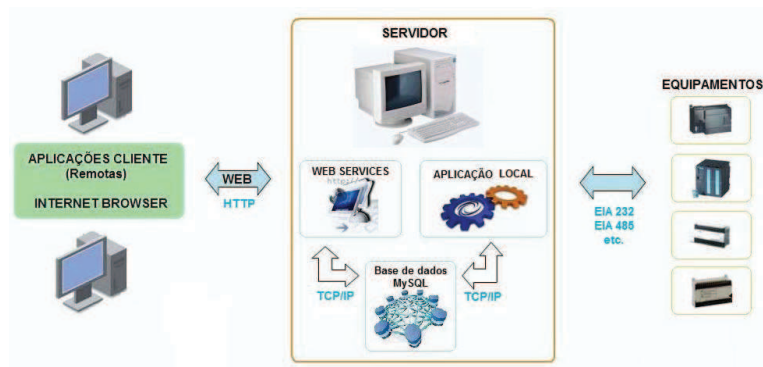


Figura 2.27: Esquema da solução proposta pelo autor de [38]

- **Rastreabilidade de componentes na cadeia de fornecimento [39]**

Nesta dissertação são identificados alguns problemas:

- As empresas têm necessidade de diminuir os prazos de entrega de produtos;
- Maior frequência de aparecimento de novos produtos devido a uma redução cada vez maior dos seus ciclos de vida e que faz com que haja a necessidade de uma maior exigência a nível de gestão de operações (*stocks*);
- Crescente nível de competitividade;
- Obrigatoriedade de um bom fluxo de informação do ponto de vista interno e externo;
- Inexistência de atualização atempada das previsões de venda pode trazer consequências negativas;

Como solução, adotam-se tecnologias baseadas em AIDC no sentido de efetuar a ligação entre o fluxo de informação e o fluxo físico (dispositivos), tal como demonstra a Figura 2.28. Após alguns estudos e entrevistas opta-se por abordar a tecnologia RFID na rastreabilidade de componentes da cadeia de fornecimento, visto que tem grandes previsões de crescimento e sobretudo bom desempenho.

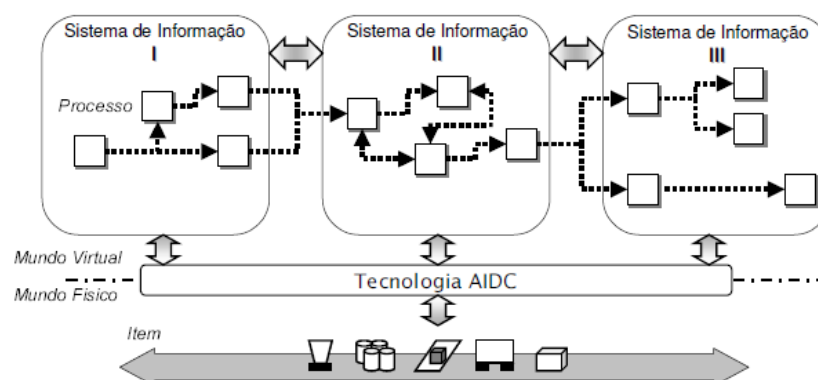


Figura 2.28: Esquema da solução proposta pelo autor de [39]

- **Integração de Sistemas de Identificação Automáticos [40]**

Esta dissertação teve como objetivo a implementação de um conjunto de tecnologias de recolha e identificação automática de dados num simulador de uma linha de fabrico flexível (Laboratório da Faculdade), onde existem várias máquinas ferramenta, um armazém automatizado, um *robot* de 3 eixos e um sistema de transporte baseado em tapetes rolantes.

A solução consiste na adoção de um sistema de RFID em que as peças, que circulam nas linhas de fabrico, possuem etiquetas RFID integradas nas próprias peças. No total foram usados 4 leitores de RFID para escrever e ler. Foi ainda implementado um sistema de CB (leitor e impressora). A interface com o utilizador é feita através de uma página *Web* e a plataforma de integração é composta por um autómato,

programado pelo utilizador, controlando todos os sensores e atuadores ligados a este dispositivo, funcionando de forma cíclica.

A implementação consiste na criação de um Servidor Modbus/*Transmission Control Protocol* (TCP) que contém toda a informação de todos os dispositivos de recolha e identificação automática (possui ligação a uma BD) e na criação de Clientes Modbus/TCP que fazem a leitura de dados e enviam comandos para os dispositivos de recolha de forma transparente. Para estabelecer a ligação com os módulos de RFID é usado um barramento RS485 (até 32 dispositivos) e a comunicação entre o autómato e o módulo de RFID é estabelecida através de Modbus. O leitor de CB é ligado através de uma comunicação série RS232. Relativamente à interface *Web* esta permite enviar e consultar dados dos dispositivos. Foi utilizada a linguagem *Hypertext Preprocessor* (PHP) para gerar conteúdo dinâmico na *Web*, permitindo consultar dados gerados pelo sistema de RFID e efetuar alguns comandos para os módulos de RFID.

Capítulo 3

Solução

3.1 Arquitetura Proposta

Numa cadeia de fornecimento em que existem várias empresas envolvidas mundialmente é essencial a troca de dados e de informações entre elas. A solução proposta pretende minimizar o problema da partilha de dados ao longo de uma cadeia de fornecimento e a incompatibilidade entre dispositivos de rastreabilidade entre as empresas, sendo por isso proposto um sistema de rastreabilidade atual, flexível, robusto e de fácil interpretação por parte dos operadores/encarregados.

Um ponto essencial para se realizar a rastreabilidade de produtos/produção é a existência de dispositivos físicos no chão da fábrica que identifiquem os produtos aquando a passagem num determinado ponto da instalação fabril. Estes dispositivos leem a etiqueta colocada nos produtos e passam essa informação para um *Middleware* (*Software* intermédio) que posteriormente interpreta e processa a mensagem recebida. Os dados são enviados para um computador local que trata os dados provenientes da camada intermédia. A este nível existe uma interface que permite ao utilizador efetuar a supervisão de toda a fábrica.

Como foi referido e como pode ser observado na Figura 3.1, um sistema de rastreabilidade pode conter vários dispositivos de rastreabilidade, tais como: sistemas de código de barras, teclados de introdução de dados manuais e RFID. A solução idealizada propõe que todos esses dispositivos estejam ligados a uma Unidade de Processamento (UP) que faz a recolha de dados de todos os dispositivos e os envia para o computador da empresa que, posteriormente, faz o tratamento dos dados e apresenta os resultados ao utilizador através da interface gráfica presente no computador. Esta interface gráfica permite que o utilizador controle um dispositivo em concreto através de um clique e veja posteriormente a resposta desse mesmo dispositivo. Isto é possível através do intermediário (UP) pois através de uma mensagem estruturada proveniente do computador local consegue interpretá-la e identificar o destino, reencaminhando-a para o dispositivo certo.

O programa presente no computador de cada empresa comunica com um servidor que permite a ligação à sua Base de Dados (BD) associada. Esta BD pode ser acedida pelas várias empresas e nela registar todos os dados necessários e previstos segundo o programa efetuado. A BD é o elo de ligação entre as empresas. Esta tem uma palavra-chave para estabelecer a comunicação entre o computador da empresa e o servidor.

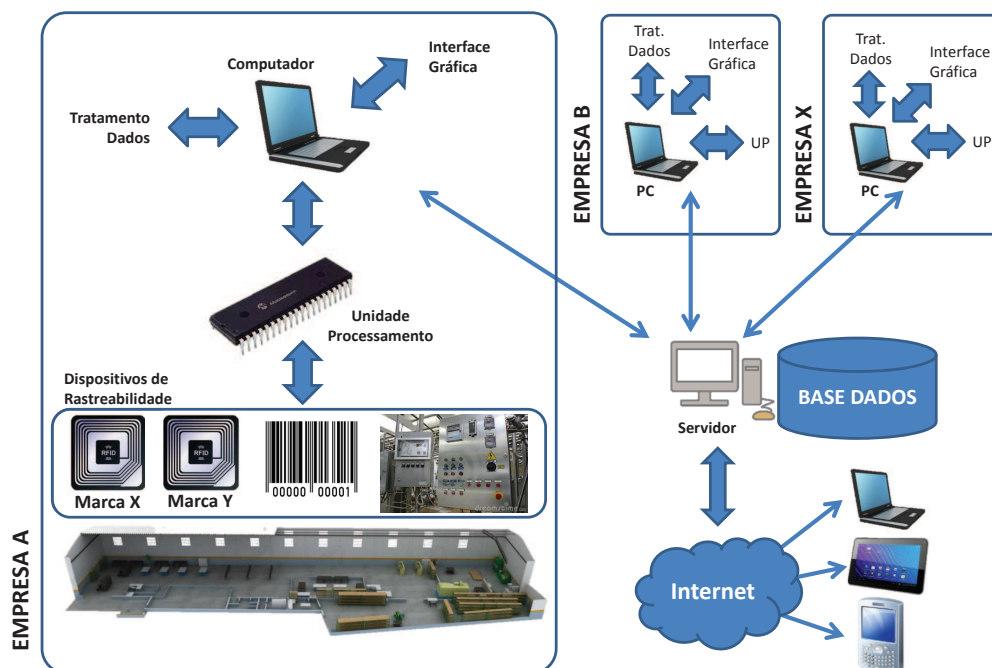


Figura 3.1: Esquema geral de um sistema de rastreabilidade

Além disso, cada empresa, aquando da sua identificação no *login* do software de rastreabilidade tem uma senha que o utilizador deve introduzir, reforçando a segurança do sistema de rastreabilidade.

Posteriormente idealizou-se a aplicação de serviços *Web* para acesso a dados através de dispositivos móveis (telemóveis, portáteis e *tablets*), passando a ser possível consultar os dados presentes na BD em qualquer parte do mundo, nomeadamente, a verificação da posição de um produto a qualquer momento.

Como já foi dito, existem vários dispositivos de rastreabilidade mas atualmente a tecnologia RFID possui bastantes oportunidades de desenvolvimento e apresenta inúmeras vantagens relativamente a outros sistemas de rastreabilidade. As suas características mais importantes são: a velocidade de aquisição de dados e a possibilidade de aquisição simultânea de dados (os prós e contras da tecnologia são apresentados na secção 2.2.2.11). Por estas razões, nesta dissertação, a tecnologia adotada para suporte à rastreabilidade é o RFID, portanto a solução proposta apresenta como dispositivos de rastreabilidade, leitores de RFID. No que diz respeito ao problema da existência de inúmeros dispositivos de rastreabilidade utilizando a tecnologia RFID, e uma vez que as suas Normas diferem de marca para marca, este trabalho passa por enquadrar dois sistemas com diferentes Normas de comunicação entre a *TAG* e o leitor. Este tópico tem elevada importância devido à grande probabilidade das empresas adotarem diferentes sistemas de RFID, que posteriormente levantam problemas de incompatibilidade entre as *TAGs* e os leitores, quebrando o processo de rastreabilidade de um produto.

A solução integra um sistema RFID respeitando a Norma ISO14443 e outro respeitando a Norma ISO15693. Estes são os tipos de dispositivos com o qual a UP comunica.

Na Figura 3.2 está representado um barramento de leitores RFID respeitando a Norma ISO15693 e outro barramento respeitando a Norma ISO14443, estando cada um dos barramentos ligado à UP.

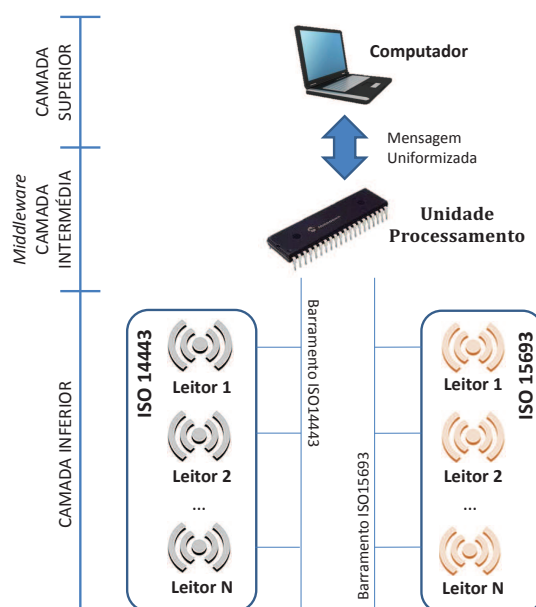


Figura 3.2: Esquema da solução proposta com representação dos barramentos de leitores de RFID e camadas físicas

3.2 Modo de Processamento das Mensagens

Para que haja atividade por parte dos dispositivos de rastreabilidade é necessário que lhes sejam enviadas mensagens de acordo com o fabricante. O dispositivo encarregue de entregar as mensagens aos vários dispositivos é a UP, que recebe as mensagens do computador local da empresa e as encaminha para o dispositivo certo, consoante o pedido efetuado pelo utilizador. Aqui surge o termo *Middleware* que é constituído pela UP, mais propriamente, pelo código presente na sua memória e que cumpre a função de criar uma camada intermédia em que, dessa camada para cima, há uma uniformidade na estrutura de mensagem trocada entre a UP e o computador local da empresa. Agora é possível entender a função do *Middleware* que, neste caso, não é mais do que o responsável pela comunicação entre o computador local e os dispositivos de RFID. Na Figura 3.2 está apresentado, de forma esquemática, o que foi descrito atrás com a camada inferior (dispositivos de rastreabilidade) e a camada superior (computador local) identificadas.

Devido à existência de mais do que uma marca de dispositivos de RFID houve necessidade de criar uma estrutura de mensagem para comunicação entre as camadas superior e intermédia. Para a definição da estrutura de mensagem foram estudados documentos de algumas marcas com exemplos de comandos e respetiva resposta. Chegou-se à estrutura de mensagem mais conveniente que é apresentada de seguida na Figura 3.3. Como é possível observar, os três primeiros *bytes* e o último são comuns a to-

das as mensagens independentemente do seu destino. O *byte* de início e o de fim servem para identificar o início e o fim da mensagem, enquanto que os *bytes* de proveniência e de destino identificam qual o endereço do dispositivo que deu origem à mensagem e o endereço do dispositivo ao qual se destina a mensagem. Estes dois *bytes* são essenciais para a gestão de mensagens por parte da UP, onde o computador e cada dispositivo de RFID terá um endereço específico. O conjunto de *bytes*, *N-Bytes*, são variáveis consoante a marca e o comando que se pretende utilizar mas, no entanto, apresentam sempre algumas informações em comum: o tamanho da mensagem, o código do comando, os dados (podem existir ou não dependendo do comando) e o *byte* de verificação de dados tais como o *checksum* ou o CRC.

1 Byte	1 Byte	1 Byte	N-Bytes						1 Byte
INÍCIO (0x0F)	Proveniência	Destino	Mensagem dependente da marca do dispositivo						FIM (0xF0)
			Tamanho Mensagem	...	Código Comando	...	Dados	...	Verificação: <i>Checksum</i> , CRC8, ...

Figura 3.3: Estrutura de mensagem proposta

3.2.1 Processamento ao nível da Unidade de Processamento

Nesta secção é explicado o método de atuação da UP. Tudo começa com uma mensagem proveniente do computador, que não é mais que um conjunto de *bytes* recebidos um a um. À medida que a UP recebe os *bytes* executam-se algumas verificações de estrutura e conteúdo segundo a estrutura de mensagem apresentada na Figura 3.3.

Na Figura 3.4 é apresentado um fluxograma com os passos que a UP segue durante a receção das mensagens provenientes do computador. Inicialmente verificam-se se os três primeiros *bytes* recebidos são os esperados. Caso não seja verificado o previsto é considerado erro. A contagem de *bytes* é reiniciada e é limpo o *buffer* de dados. O terceiro *byte* diz respeito ao destino da mensagem, portanto é este que contém o endereço do dispositivo ao qual a mensagem de destina. Os próximos *bytes* recebidos dependem do destino da mensagem e do comando que se pretende aplicar. Estes contêm, por exemplo, o tamanho da mensagem (essencial para fazer o controlo da receção da mensagem, visto que as mensagens têm tamanho variável), o código do comando que se pretende executar e o *byte* de verificação de erros na transmissão de dados, tais como o *Checksum* ou o CRC. A receção da mensagem termina quando é recebido o *byte* de fim. De seguida é calculado o algoritmo de controlo de erro na transmissão de dados com os dados recebidos, prosseguindo-se com a comparação do valor recebido na mensagem. Caso os valores coincidam (comparação entre o valor calculado e o recebido na mensagem) continua-se normalmente com o processo, caso contrário é considerado erro e a contagem de *bytes* é reiniciada e é limpo o *buffer* de dados. Imaginando que o algoritmo de controlo de erro de transmissão é coincidente, todos estes *bytes* recebidos são guardados num *array* de bytes e são selecionados de seguida para um novo *array* para posteriormente serem enviados segundo a estrutura de mensagem esperada pelo dispositivo de RFID pretendido. Após o *array* de bytes de

envio para o dispositivo estar devidamente concatenado procede-se ao seu envio.

Na Figura 3.5 é apresentado um fluxograma de como a UP envia e recebe as mensagens dos dispositivos de RFID. Depois do envio da mensagem para o dispositivo e se a mensagem for corretamente enviada, a UP irá receber dados de resposta por parte do dispositivo. Estes dados são guardados num *array* de *bytes* e, caso seja necessário, prossegue-se com a manipulação dos dados recebidos com o objetivo de obter a estrutura de mensagem proposta para que possa ser enviada de seguida para o computador.

Na Figura 3.6 é exemplificada a manipulação de dados (mensagem) para posterior envio. Após o envio para o computador é ativada novamente a escuta de receção de dados da UP seguindo novamente a ordem de pensamento do esquema da Figura 3.4.

3.2.2 Processamento ao nível do computador local - Interface

Quanto ao nível do computador local (camada física superior) pretende-se que este contenha uma interface para interação com o utilizador. Por de trás da interface existe um programa (código) que, de acordo com as ações do utilizador, irá executar um comando associado. Para o caso da atuação de um certo dispositivo RFID existe um botão na interface que quando é acionado, traduz-se numa mensagem que é enviada para a UP e, de seguida, para o dispositivo em questão.

A interface tem o objetivo de criar um ambiente gráfico para interagir com o utilizador para que de uma forma mais cómoda e prática seja possível gerir os dispositivos de RFID e os dados daí provenientes. Uma parte da interface tem o objetivo de interagir com um dispositivo selecionado previamente, onde serão colocadas à disposição do utilizador a maioria das funções suportadas pelo dispositivo - *Modo Manual*. Uma outra parte pretende simular situações reais de aplicação destes dispositivos de RFID na rastreabilidade das empresas, tais como: o controlo de entrada e saída de produtos, o registo de ações em produtos nas linhas de produção e o registo de embalagem de um certo produto ou acondicionamento de produto em palete para transporte - *Modo Automático*. Todas as ações efetuadas no *Modo Automático* são registadas em BD.

3.2.2.1 *Modo Manual*

Na Figura 3.7 pode ser observado um fluxograma que explica o programa por detrás da interface que permite que seja atuado um determinado dispositivo de RFID.

Neste modo começa-se por escolher qual a família do dispositivo de RFID pretendida (ISO14443 ou ISO15693). De seguida escolhe-se qual o endereço físico do dispositivo com o qual se pretende comunicar. Depois tem-se à disposição a maioria dos comandos que o dispositivo suporta. Os mais importantes e utilizados nesta dissertação são apresentados na Tabela 3.1. Após o clique num botão é enviada a mensagem que está associada a ele para a UP. A UP segue a metodologia presente nos fluxogramas das Figuras 3.4 e 3.5, no que diz respeito à receção e envio de dados de volta ao computador. Quando o computador recebe a mensagem proveniente da UP é verificada se a estrutura de mensagem é a esperada, sendo de seguida interpretada e exibido o resultado na interface.

A ordem de comandos para dispositivos que comunicam com TAGs que respeitam a Norma ISO14443 seguem, de modo geral, o esquema apresentado na Figura 3.8, portanto a ordem de comando selecionados pelo utilizador tem que respeitar o esquema anterior.

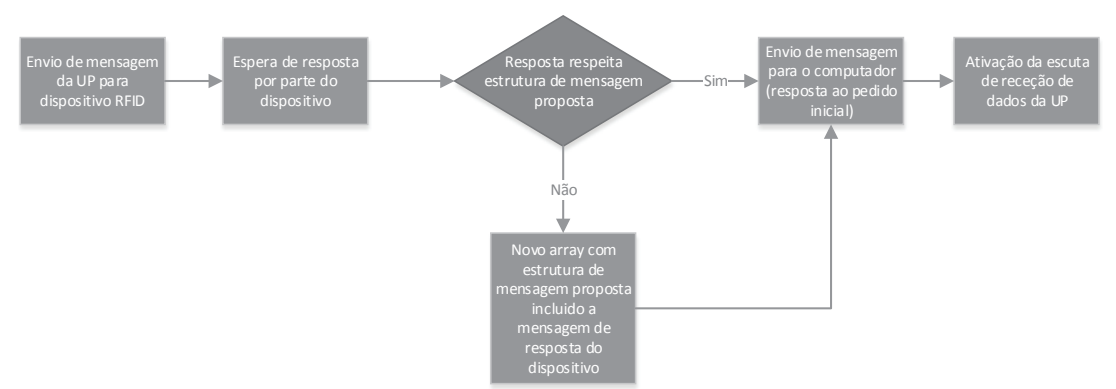


Figura 3.5: Envio e recepção de dados dos dispositivos de RFID na UP e posterior envio para o computador local

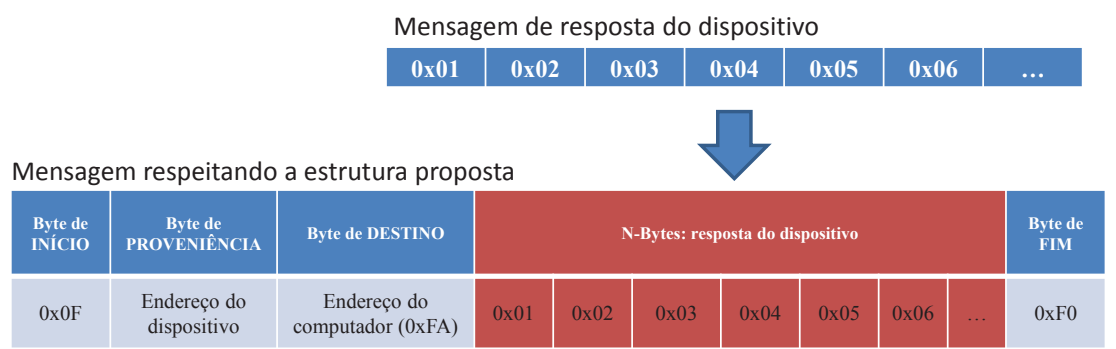


Figura 3.6: Alteração da mensagem recebida do dispositivo para estrutura proposta

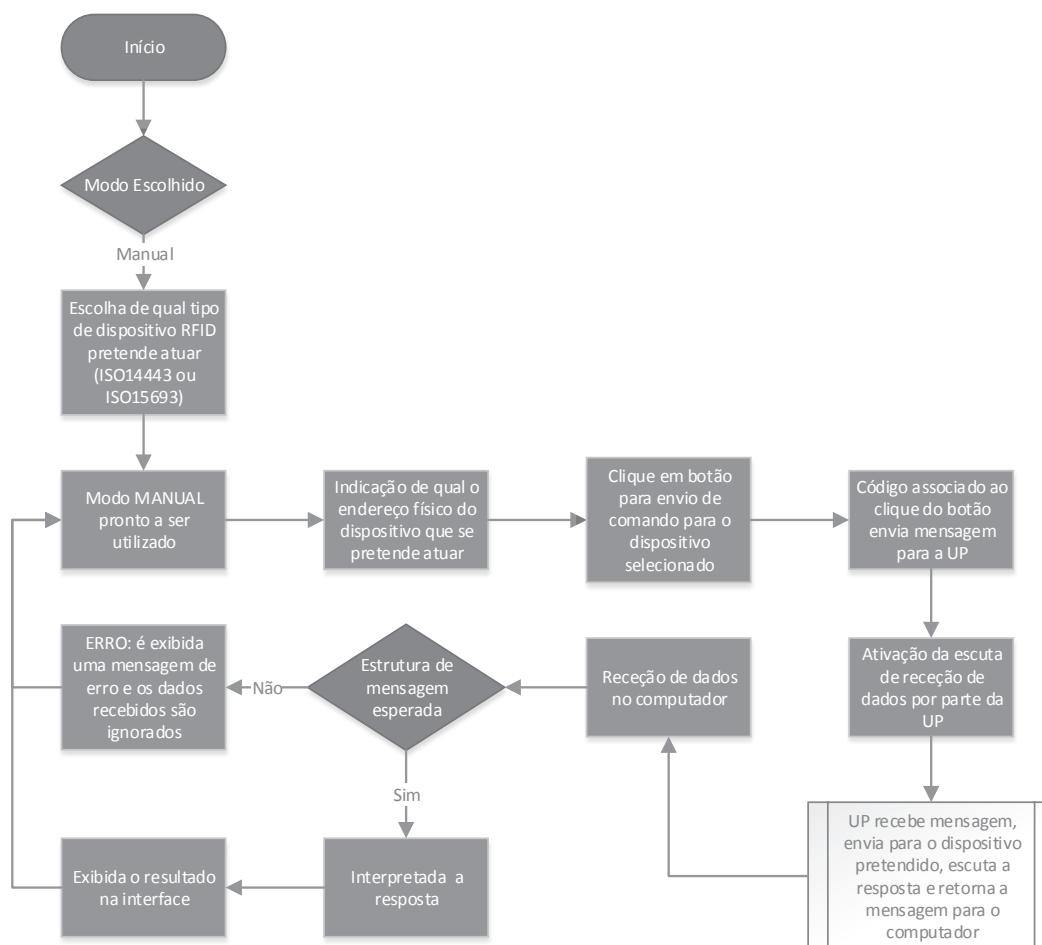


Figura 3.7: Esquema de atuação no *Modo Manual* ao nível do computador local

Tabela 3.1: Principais comandos a utilizar com os módulos RFID

Comando	Descrição	Módulos RFID	
		ISO14443	ISO15693
Reiniciar	Reinicia o módulo RFID	X	X
<i>Firmware</i>	Lê a versão de <i>Firmware</i> do módulo RFID	X	X
Identificação de TAG	Identifica as TAGs presentes no campo RF		X
Procura contínua de TAG	Procura contínua por TAG presente no campo de RF	X	
Selecionar de TAG	Seleciona a TAG presente no campo RF	X	X
Autenticação	Autentica um determinado bloco de dados	X	
Leitura de bloco de dados	Leitura de dados de um bloco da TAG específico	X	X
Leitura de valor	Leitura de valor de um bloco da TAG específico	X	
Escrita de bloco de dados	Escrita de dados em bloco da TAG específico	X	X
Escrita de valor	Escrita de valor em bloco da TAG específico	X	
Incrementar valor	Incremento de valor em determinado bloco da TAG	X	
Decrementar valor	Decremento de valor em determinado bloco da TAG	X	
Interrupção	Interrupção da comunicação da TAG com o leitor RFID	X	

No entanto, a interface tem proteções que bloqueiam botões quando estes não podem ser acionados. De salientar que os dispositivos que respeitam a Norma ISO14443, após ser selecionada a TAG, têm que, obrigatoriamente, autenticar o bloco de dados ao qual se pretende aceder. Só depois da autenticação é que se pode efetuar operações de escrita e leitura.

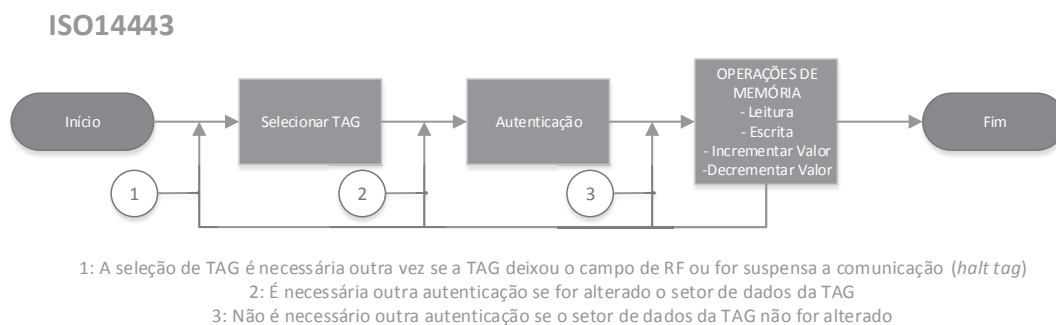


Figura 3.8: Esquema de operações em dispositivo RFID respeitando a Norma ISO14443 - adaptado de [41]

Quanto aos dispositivos que comunicam com TAGs que respeitam a Norma ISO15693 seguem, de modo geral, o esquema apresentado na Figura 3.9. A principal diferença comparado com os dispositivos que respeitam a Norma ISO14443 é que este não exige que se efetue a autenticação do bloco de dados ao qual se pretende aceder, sendo necessário só localizar a TAG, selecioná-la e depois esta está disponível para operações de leitura e escrita.

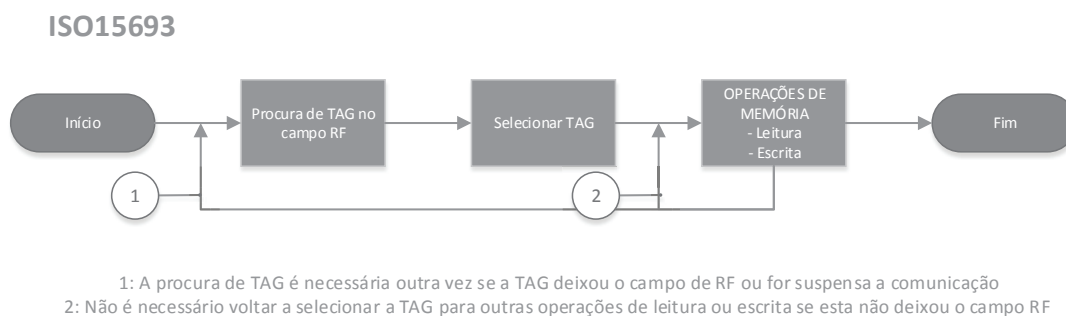


Figura 3.9: Esquema de operações em dispositivo RFID respeitando a Norma ISO15693

3.2.2.2 Modo Automático

Este modo pretende recriar uma situação real em que seja aplicada a tecnologia RFID como meio de rastreabilidade industrial. Como um dos grandes problemas na rastreabilidade usando a tecnologia RFID é a incompatibilidade entre os vários sistemas de rastreabilidade presentes nas várias empresas, propõe-se imaginar um cenário em que a empresa a ser incluída numa cadeia de fornecimento inclua leitores de RFID compatíveis com as TAGs das restantes empresas envolvidas, posicionando-os em locais

estratégicos e em número reduzido. Os restantes pontos de rastreabilidade da empresa, onde existem dispositivos de RFID, respeitando outras Normas de comunicação (linhas de produção, por exemplo), mantêm-se nos seus postos inalterados.

A solução passa por criar uma “ferramenta” que, após a entrada de um produto na empresa e respetiva leitura de TAG (proveniente de outra empresa), seja capaz de associar ao produto que acabou de entrar uma TAG interna que o irá acompanhar enquanto este permanecer dentro da empresa. São efetuados todos os registos durante a passagem do produto nos vários pontos internos da empresa, uma vez que este já possui a TAG compatível com os leitores de RFID implementados na empresa. Esta associação é guardada na BD e quando houver algum registo de passagem ou produção de um produto com uma determinada TAG interna associada, consegue-se identificar qual o produto ao qual se refere. À saída da empresa propõe-se que exista também um leitor compatível com as TAGs que inicialmente deram entrada na empresa para garantir, essencialmente, uma rastreabilidade de pelo menos entradas e saídas, caso a associação de TAGs internas falhe. Além disso, quando se efetua a análise do registo de um determinado produto, com entrada e saída numa determinada empresa sem registo de passagem de pontos internos da empresa, significa que existe algum problema no sistema de rastreabilidade interno, o que é ótimo para localização e resolução de problemas. Assim, com a aquisição de alguns leitores compatíveis para alguns locais estratégicos, mantendo todos os restantes existentes na empresa, é possível efetuar a rastreabilidade de um produto sem que esta seja interrompida e sem custo associado elevado.

Desta forma, o *Modo Automático*, além de permitir a associação de TAGs internas, possibilita o controlo de entradas e saídas na empresa, o registo da linha de produção e ainda a agregação de produtos. Este último tem utilidade para efetuar o registo de processos de embalagem de produtos, quer seja colocação de produtos em embalagens individuais ou colocação de várias embalagens em paletes. Como já foi explicado, é registada a agregação e a desagregação para o caso em que, por exemplo, chega à empresa uma paleta com produtos e procede-se à sua desmontagem. No *Modo Automático* existe ainda uma aplicação para a configuração de uma nova TAG, que tem o objetivo de associar a uma determinada TAG, um novo ID de produto, quer seja um produto individual, uma embalagem ou uma paleta de produtos, ficando o ID do produto guardado na memória da TAG.

O código do programa responsável pelo *Modo Automático* integra algumas funções específicas dos dispositivos de RFID. O método de troca de mensagens entre o computador e a UP segue os mesmos passos do *Modo Manual*, onde a única diferença é que as mensagens contendo os comandos de atuação dos dispositivos RFID, enviadas para a UP, não ocorrem em função da escolha do utilizador mas sim, baseado na arquitetura pensada para cada funcionalidade do *Modo Automático*.

3.3 Exemplo de aplicação da solução proposta

Nada melhor do que exemplificar a aplicação da solução apresentada, numa empresa - Figura 3.10. Para o exemplo, considera-se que as TAGs, provenientes de outra empresa respeitam a Norma ISO14443. No entanto, a empresa que recebe os produtos utiliza maioritariamente leitores respeitando a Norma ISO15693 impossibilitando a leitura das

TAGs que acabaram de chegar. Esta é a situação ideal para a aplicação da solução proposta. Desta forma, adquirem-se leitores respeitando a Norma ISO14443 para os pontos de entrada e saída de produtos. Com os novos leitores, os produtos dão entrada, efetuam-se os registos de entrada e de seguida seguem para o armazém da empresa. Antes de saírem do armazém para a linha de produção, poderão ter que passar por um posto de desmontagem de palete - desagregação (aqui é necessário que exista mais um leitor que respeite a Norma ISO14443 que pode ser colocado no armazém da empresa). No seguimento, terá que haver um novo ponto para a associação das TAGs internas (ISO15693) aos produtos aos quais se pretende continuar com a rastreabilidade. Neste ponto existirá um leitor respeitando a Norma ISO14443 e outro respeitando a Norma ISO15693. Daí para a frente, o produto já tem uma TAG interna e por isso todos os leitores existentes na linha de produção estão agora habilitados de ler as TAGs, mantendo assim a rastreabilidade do produto. De salientar que na linha de produção pode ser necessário utilizar a função de agregação de produtos para o caso de montagem de novos componentes. Depois de acabados os trabalhos na linha de produção, a TAG interna dá passagem num ponto com um leitor respeitando a Norma ISO15693 com o objetivo de registar o fim da associação da TAG com o produto em questão. Agora pode ser removida a TAG interna do produto e esta volta a ser utilizada para uma nova associação. Antes do armazenamento dos produtos finalizados e para a embalagem de produtos em paletes recorre-se novamente ao processo de agregação, caso seja necessário. O produto está pronto a sair da empresa sendo efetuado o registo da sua saída através da deteção da TAG respeitando a Norma ISO14443.

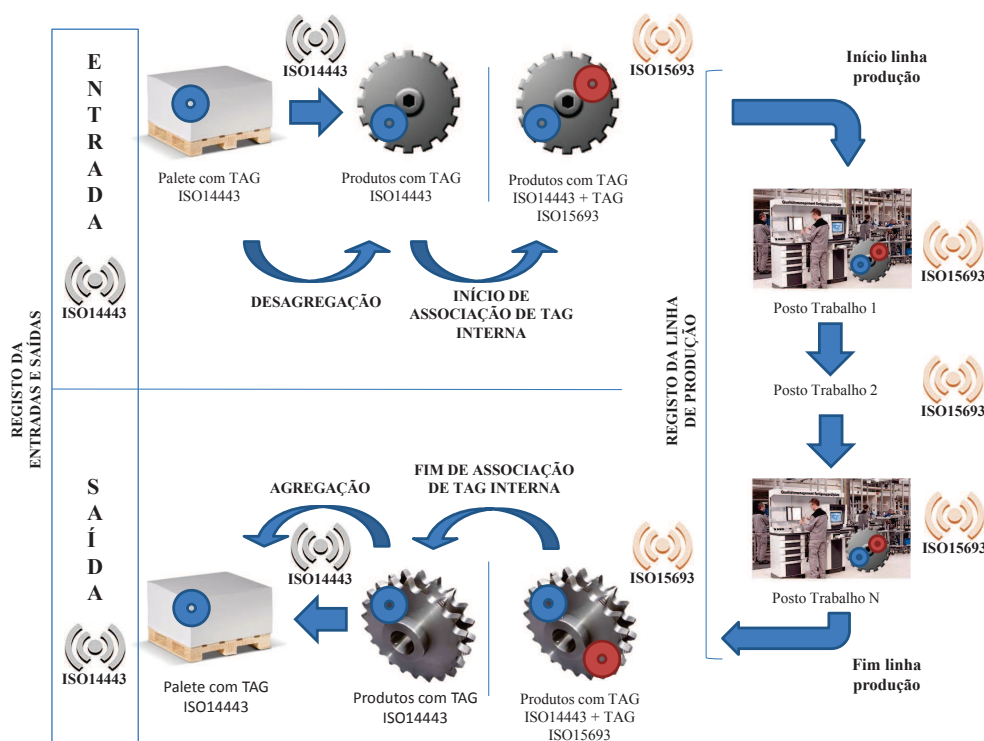


Figura 3.10: Exemplo de aplicação da solução proposta

3.4 Proposta de Organização de Dados nas TAGs

Como já foi referido, para que um sistema de rastreabilidade usando a tecnologia RFID seja útil, é necessário que os produtos contêmham uma etiqueta (*TAG*) para que quando este passe por um leitor, seja detetado e se efetuem as respetivas trocas de dados. É certo que a *TAG* possui memória própria e mesmo que seja variável consoante a marca e modelo em questão, é possível que a memória de uma *TAG* chegue para guardar todos os registos de rastreabilidade de um determinado produto. No entanto optou-se por adotar um sistema mais simples.

A solução aqui apresentada propõe que na *TAG* se guarde exclusivamente um *ID* de identificação do objeto/item, o *ID* da empresa que a criou ou é responsável pela sua criação, e finalmente, a data e hora de criação. O dado mais importante na *TAG* é, sem dúvida, o *ID* do objeto, pois a partir dele obtêm-se todos os dados referentes a este item. De seguida na Secção 3.5 será explicado de que forma é que são organizados todos os dados provenientes da rastreabilidade.

Existem três diferentes tipos de *ID* do objeto, pois durante uma cadeia de fornecimento podem existir produtos individuais, embalagens ou paletes de produtos - Figura 3.11. Portanto, para cada um dos tipos enumerados anteriormente existe um código correspondente para que facilmente se distinga o tipo de objeto - ver Tabela 3.2. De salientar que o conjunto de dígitos com um "x" é uma sequência de números e o número de dígitos depende das características da *TAG* utilizada, pois o objetivo é que este código de identificação tenha o tamanho de um bloco de dados da *TAG*.

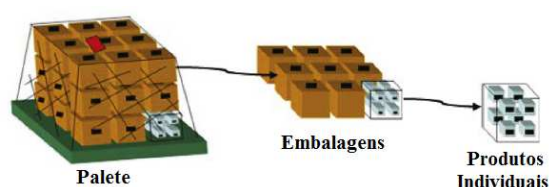


Figura 3.11: Identificação e classificação de tipos de objetos

Tabela 3.2: Estrutura e Tipos de *ID* do Objeto

<i>ID</i> Objeto	Descrição
PRD xxxxxxxxxxxxx	Código de identificação de produtos individuais
EMB xxxxxxxxxxxxx	Código de identificação de embalagens
PLT xxxxxxxxxxxxx	Código de identificação de paletes

Quanto ao *ID* da empresa que criou, ou é responsável pelo produto, também apresenta um código de identificação - Tabela 3.3. A partir deste é possível obter todos os restantes dados relativos a essa empresa. Para a data e hora de criação, criou-se igualmente um código para que seja facilmente identificado na memória da *TAG* - Tabela 3.4. A sua estrutura, se a *TAG* possibilitar, permite identificar o ano, mês, dia, hora, minutos e segundos da criação desta.

Tabela 3.3: Estrutura ID Empresa

ID Empresa	Descrição
EMPxxxxxxxxxxxxx	Código de identificação da empresa

Tabela 3.4: Estrutura da Data e Hora de criação da TAG

Data e Hora	Descrição
DHaaaammddhhmmss	Estrutura para a data e hora de criação da TAG

3.5 Base de dados proposta

O modelo de BD sugerido tem como objetivo servir de complemento à aplicação de rastreabilidade proposta para interface com o utilizador, sendo por isso, necessário estabelecer uma ligação entre elas. Pretende-se que seja universal e sobretudo que garanta a sua interpretação e utilização por várias entidades da cadeia de fornecimento. Não é direcionado a uma área industrial ou a uma cadeia de fornecimento específica, o que pode levar a que seja por vezes menos eficiente para uma dada aplicação, no entanto tem a vantagem de poder ser aplicada globalmente.

Num sistema de rastreabilidade existem dois tipos básicos de dados: os dados estáticos e os dados dinâmicos. Os estáticos estão relacionados com entidades comerciais, produtos e serviços. Os dinâmicos são específicos para dados que envolvem os itens individuais tais como dados temporais (observações, localizações e assemblagem de objetos, que estão dependentes das leituras efetuadas pelos leitores de RFID). Os dados estáticos em conjunto com os dados dinâmicos permitem que se efetue a correta rastreabilidade dos objetos [42].

Mais especificamente, o grande objetivo do modelo proposto é fazer o registo de todas as passagens de objetos pelos leitores de RFID e, quando necessário, associar dados extra ao registo da sua passagem, como por exemplo, registar todos os processos aos quais as peças foram submetidas durante a linha de produção de uma empresa. Isto permite que no final seja possível fazer uma consulta pelo *ID* do objeto e conseguir visualizar todos os pontos de passagem do respetivo produto.

3.5.1 Diagramas Entidade-Relação

O modelo proposto foi elaborado com base em algumas pesquisas efetuadas em publicações científicas [42; 43; 44; 45; 46], donde resultou o modelo presente na Figura 3.12 na forma Entidade-Relação (ER).

A utilização do Diagrama Entidade-Relação (DER) serve para o analista representar a forma como as entidades identificadas durante o processo de análise fazem parte do sistema de informação e se relacionam entre si. O modelo, para além de uma ferramenta simples, fornece uma visão rápida e resumida sobre quais as relações presentes na organização. As entidades e relações existentes no modelo darão origem, de forma quase direta, às tabelas que irão constituir a BD. É por isso importante especificar os atributos que fazem parte da entidade e que correspondem a campos da tabela associada à entidade em estudo [47].

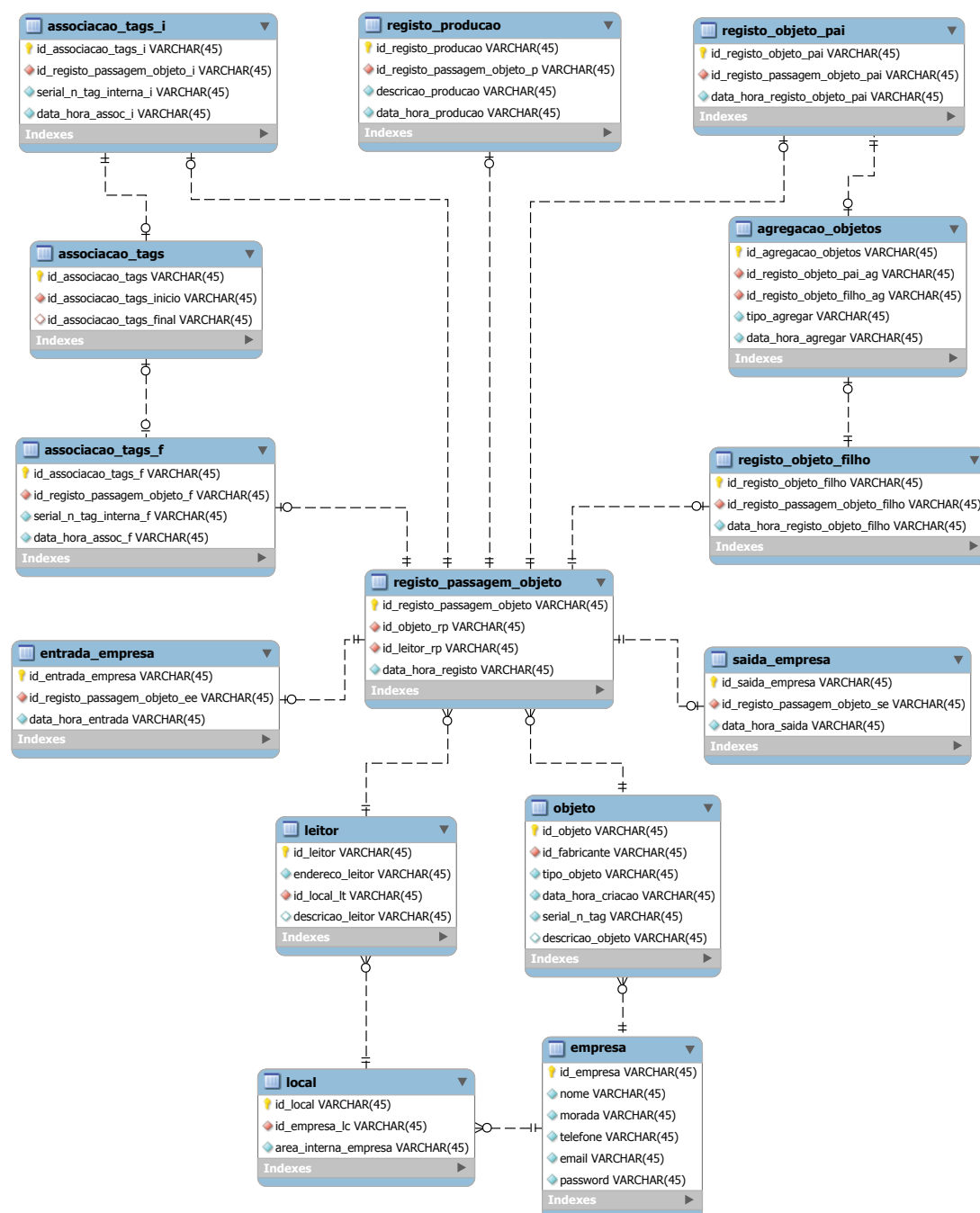


Figura 3.12: Modelo de BD proposta

Existem várias entidades envolvidas, e através das linhas que as unem, juntamente com alguns símbolos, é possível especificar o tipo de relação que as interliga. De seguida é explicado de forma resumida o modelo de BD de rastreabilidade apresentado, começando por explicar, entidade a entidade, o porquê da sua existência.

- **Entidades com dados estáticos**

- **Entidade *empresa*:** contém todos os dados relativos a uma empresa, onde cada empresa tem um *ID* próprio, sendo este a chave primária. Os atributos apresentados são uma possível solução e num caso real poderiam ser acrescentados os dados que se pretendessem.
- **Entidade *objeto*:** contém os dados relativos a um determinado objeto, onde cada um tem um *ID* próprio sendo este a chave primária. O atributo *tipo_objeto* descreve se o objeto é uma paleta, uma embalagem ou um produto individual. Tem ainda como atributos a identificação do fabricante (chave estrangeira pois é um atributo que é chave primária de outra entidade, neste caso, da entidade *empresa*), a data e hora de criação (primeiro registo), o *serial number* da TAG identificativa do objeto e ainda a possibilidade de acrescentar uma descrição adicional ao objeto (não obrigatório). Como já foi referido, estes são os atributos mais óbvios e mais generalistas, no entanto perante um caso específico, poderiam-se acrescentar novos atributos a esta entidade sem qualquer problema para o funcionamento da BD.
- **Entidade *local*:** o atributo *id_empresa* (chave estrangeira) juntamente com a informação da sua área interna (atributo não nulo), permite que seja definido um novo *ID* para o local em questão, sendo este a chave primária.
- **Entidade *leitor*:** identifica o leitor de RFID que gerou o registo através de um *ID* (chave primária), dando ainda informações do local em que está presente (atributo *id_local* que consequentemente permite identificar a empresa e a respetiva área interna - chave estrangeira) e ainda uma possível descrição adicional caso seja necessário.

- **Entidades com dados dinâmicos**

- **Entidade *registo_passagem_objeto*:** regista todas as deteções que sejam efetuadas com os leitores de RFID de uma certa empresa. Cada leitura efetuada corresponde a um novo registo com um novo *ID* (chave primária), onde se associam os atributos *id_objeto* e *id_leitor*, sendo estes chaves estrangeiras. É ainda registada a data e hora da passagem do objeto, dado essencial para uma correta rastreabilidade do produto.
- **Entidade *entrada_empresa*:** tem o propósito de registar as entradas de produtos numa determinada empresa. Tem associado o *ID* do registo da passagem de produto (chave estrangeira) que consequentemente indica o *ID* do objeto e do leitor, que por sua vez permite que se identifique o local onde foi efetuado o registo. Estes registos de entrada de objetos na empresa estão associados ao registo de passagem de objeto pois é suposto a empresa ter um leitor na porta de entrada dos produtos e assim, associando o *ID* do registo de passagem está-se a incluir o leitor que efetuou a deteção e o *ID* do objeto. Um produto

que dê entrada numa empresa, de seguida é criado um novo *ID* de entrada da empresa (chave primária) juntamente com a data e a hora da entrada.

- **Entidade *saida_empresa*:** é idêntica à indicada anteriormente, sendo esta destinada ao registo de saídas de objetos da empresa. Não se optou por juntar estas entidades pois para uma entrada e uma saída do mesmo produto existem *ID*'s de registo de passagem de objeto diferentes.
- **Entidade *registo_producao*:** tem o objetivo de registar todos os passos efetuados durante a linha de produção/montagem, tendo um *ID* de objeto associado. Cada ocorrência, possui, por isso, um *ID* de registo de produção (chave primária), um *ID* do registo de passagem de objeto, que indiretamente indica o objeto e o leitor em questão, uma descrição do que foi efetuado e ainda a data e hora em que se regista a operação.
- **Entidade *associacao_tags_i*:** regista o início da associação de *TAGs* internas a produtos identificados com *TAGs* com protocolos de comunicação diferentes dos quais a empresa não está preparada para ler. Claro que esta situação exige que pelo menos na entrada e saída da empresa haja um leitor de RFID com compatibilidade com as *TAGs* que chegam de outras empresas, mas no entanto, esta ferramenta de associar *TAGs* internas ao objeto, permite que seja feita na mesma a rastreabilidade dos produtos. Para isso, associa ao *ID* do registo de passagem do objeto (chave estrangeira), que inclui indiretamente o *ID* do objeto e do leitor, o *serial number* da *TAG* interna, gerando assim um novo *ID* de associação (chave primária). Ainda como atributo, a data e a hora da associação.
- **Entidade *associacao_tags_f*:** esta entidade é idêntica à indicada anteriormente, sendo esta destinada ao registo do término de associação de uma *TAG* interna a um objeto.
- **Entidade *associacao_tags*:** tem o objetivo de juntar os registos relativos ao início e fim de associação de uma *TAG* interna. Por isso os seus atributos, para além da chave primária (*ID* de associação), são os *IDs* do início e de fim das associações das *TAGs* interna - chaves estrangeiras.
- **Entidade *registo_objeto_pai*:** faz-se o registo de objetos como objetos-pai. Um objeto-pai é, por exemplo, uma palete, em que esta pode conter outros objetos. Para cada registo existe um novo *ID* (chave primária), com um *ID* do registo de passagem do objeto associado e ainda a data e hora de registo como objeto-pai associada.
- **Entidade *registo_objeto_filho*:** é em tudo idêntica à entidade anterior, à exceção que neste caso trata-se do registo de objetos como objeto-filho. Um objeto-filho é, por exemplo, um produto individual que está contido noutro objeto.
- **Entidade *agregacao_objetos*:** como o próprio nome indica, esta entidade tem como objetivo registar a assemblagem de produtos, ou simplesmente registar a colocação de um produto dentro de uma caixa ou uma palete. Assim, consegue-se saber qual o conteúdo de uma palete ou de uma embalagem. Para cada agregação de objetos existe um *ID* (chave primária). Associa-se o *ID* de registo de passagem do objeto-pai (por exemplo, uma embalagem)

e o *ID* do objeto-filho (por exemplo, um produto individual), sendo estes atributos chaves estrangeiras. Com o atributo *tipo* pretende-se detalhar se se está perante uma agregação ou uma desagregação. E ainda como é comum, o atributo data e hora do registo.

Relativamente às relações presentes no esquema da Figura 3.12, são apresentadas algumas explicações acompanhadas de algumas figuras de como estas devem ser interpretadas.

As linhas que ligam as entidades definem o tipo de relação que existe entre elas. Tomando como exemplo a Figura 3.13 é possível observar duas relações. Uma delas é a relação entre a entidade *objeto* e a entidade *registo_passagem_objeto* (na figura a azul). Está-se perante uma relação 1:N que, de acordo com a simbologia utilizada para cada registo de passagem de objeto existe obrigatoriamente um objeto. No entanto cada objeto pode ter ou não registos associados (zero, um, ou mais do que um). Relativamente à relação entre a entidade *objeto* e a entidade *empresa*, está-se novamente perante uma relação 1:N (na figura a verde) em que para cada objeto existe obrigatoriamente uma empresa (obtenção de dados para o atributo do fabricante) mas para cada empresa pode ter ou não objetos associados (zero, um, ou mais do que um).

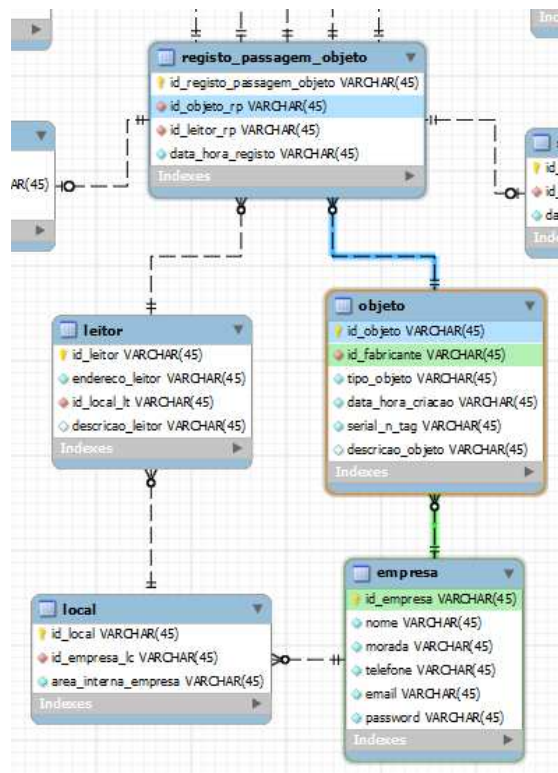


Figura 3.13: Relações entre entidades *registo_passagem_objeto*, *objeto* e *empresa*

Na Figura 3.14 podem observar-se novamente duas relações. Na relação entre as entidades *registo_passagem_objeto* e *leitor* (na figura, a azul), está-se perante uma relação do tipo 1:N, onde para cada ocorrência na entidade *registo_passagem_objeto* tem que existir obrigatoriamente um leitor. Por sua vez, cada leitor pode ter ou não registos associados. A relação entre a entidade *leitor* e *local* (na figura a verde) é do tipo 1:N,

salientando a obrigatoriedade do local na entidade *leitor* e a não obrigatoriedade do leitor na entidade *local* (zero, um, ou mais do que um) pois para cada leitor é necessário que esteja associado um local, caso contrário o registo de passagem de um objeto estaria incompleto. No entanto para um dado local pode existir ou não um leitor de RFID.

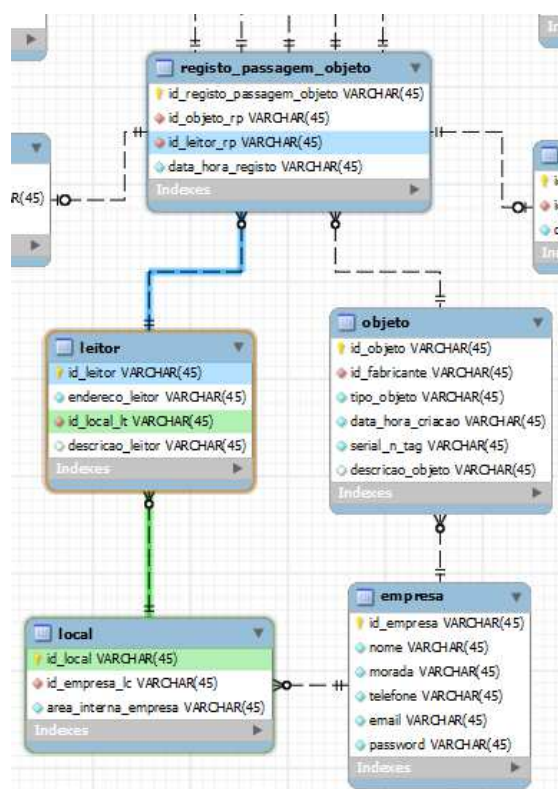


Figura 3.14: Relações entre entidades *registo_passagem_objeto*, *leitor* e *local*

Olhando agora para a Figura 3.15, está-se diante uma relação do tipo 1:N (na figura a verde), em que para cada empresa pode ter ou não locais associados (zero, um, ou mais do que um) e para cada local existe obrigatoriamente uma empresa.

Na Figura 3.16 é possível observar a importância da entidade do registo de passagem de objeto devido às várias ligações existentes entre esta entidade e outras entidades envolventes. Todas as ligações representadas a azul são ligações entre entidades de dados dinâmicos e todas as relações são do tipo 1:1. Focando, por exemplo, a relação entre a entidade *registo_passagem_objeto* e a entidade *registo_producao*, representada a azul, observa-se que só há obrigatoriedade do registo de passagem de objeto no registo de produção, enquanto que ao contrário já não há obrigatoriedade. Isto deve-se ao simples facto de, por exemplo, haver um registo de passagem de objeto mas, no entanto, essa deteção pode ser ou não associada ao registo de produção. Esta explicação serve de exemplo a todas as relações representadas a azul. Quanto às relações representadas a verde, estas já foram explicadas anteriormente.

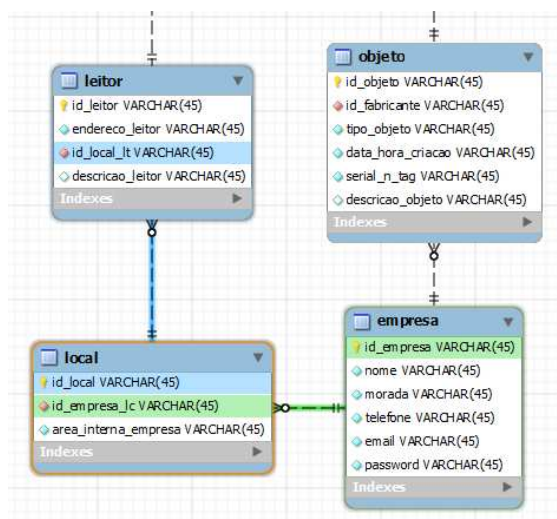


Figura 3.15: Relações entre entidades *local* e *empresa*

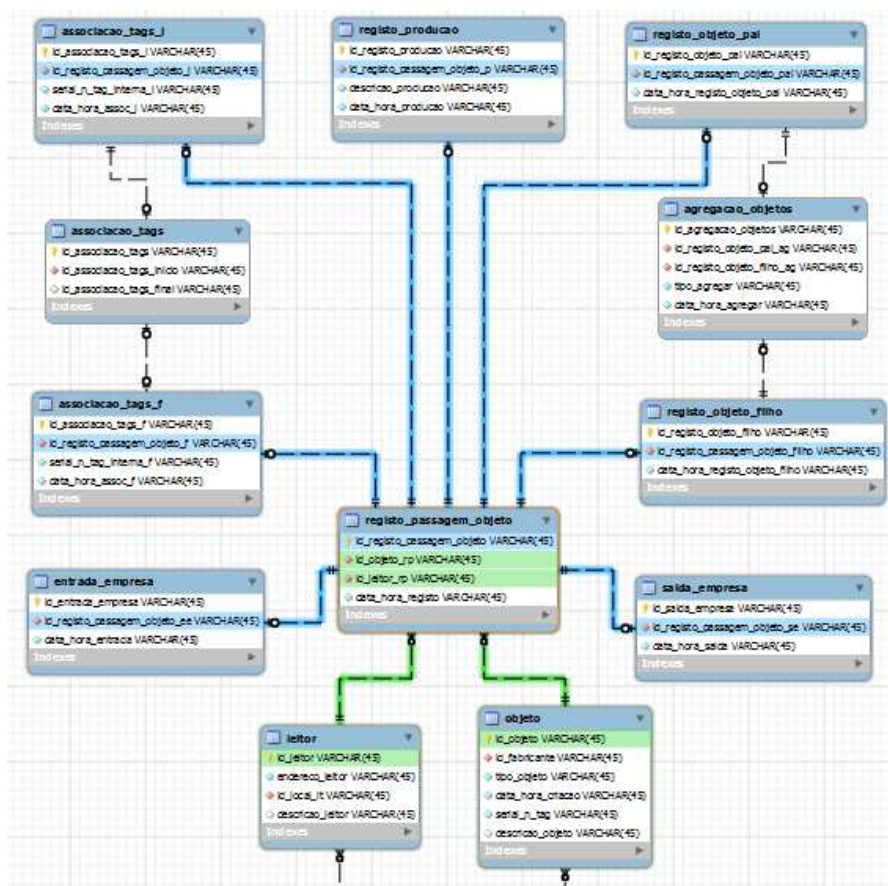


Figura 3.16: Relações com a entidade *registo_passagem_objeto*

3.5.2 Diagramas de Dependências Funcionais

Um projeto de uma BD só é bem sucedido se respeitar alguns requisitos. Para que, durante a utilização da BD, não haja problemas de falta de informação, duplicação de dados ou mesmo lentidão no seu processamento existe um processo, que é aplicado durante o projeto de BD, chamado de normalização.

Normalização é o processo que permite a simplificação da estrutura de uma BD de modo que esta se apresente num estado ótimo sem duplicação de informação [47].

Para proceder à normalização é fundamental obedecer a conjunto de regras (Formas Normais). Existem seis formas normais, no entanto, com a Forma Normal de *Boyce-Codd* (FNBC) já se garante que o esquema de dados esteja num bom nível e tal é considerado suficiente para a generalidade das aplicações. A FNBC baseia-se no conceito de dependência funcional entre atributos de uma relação em que, através de uma representação gráfica, se torna mais simples a sua interpretação e aplicação - DDF.

Sendo assim, com vista à verificação da normalização da BD proposta apresenta-se na Figura 3.17, o DDF correspondente ao modelo de BD proposto. Elaborou-se a Tabela 3.5 como resultado da análise da Figura 3.17 e conclui-se que a relação universal “R” não está na FNBC visto que nem todos os determinantes da relação são chaves candidatas desta mesma relação [48]. Por isso é necessário decompor a relação.

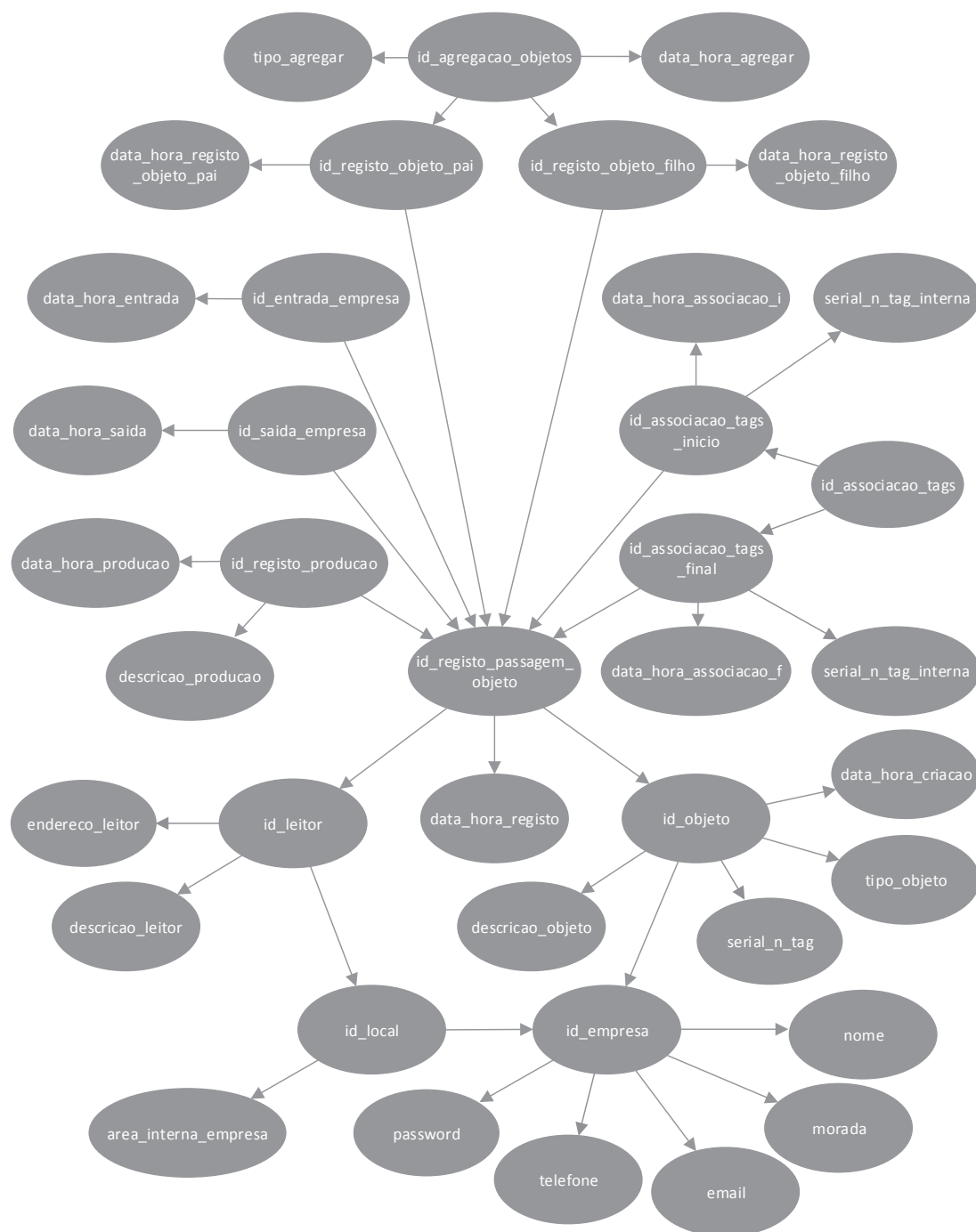
Tabela 3.5: Relação Universal “R”

Determinantes	Chaves Candidatas
<id_registro_producao>	<id_registro_producao>
<id_entrada_empresa>	<id_entrada_empresa>
<id_saida_empresa>	<id_saida_empresa>
<id_associacao_tags>	<id_associacao_tags>
<id_associacao_tags_inicio>	<id_agregacao_objetos>
<id_associacao_tags_final>	
<id_agregacao_objetos>	
<id_registro_objeto_pai>	
<id_registro_objeto_filho>	
<id_registro_passagem_objeto>	
<id_leitor>	
<id_objeto>	
<id_local>	
<id_empresa>	

A primeira decomposição é apresentada na Figura 3.18. Observa-se que a relação “R1” não está ainda na FNBC, como se pode confirmar na Tabela 3.6, havendo um maior número de determinantes do que chaves candidatas.

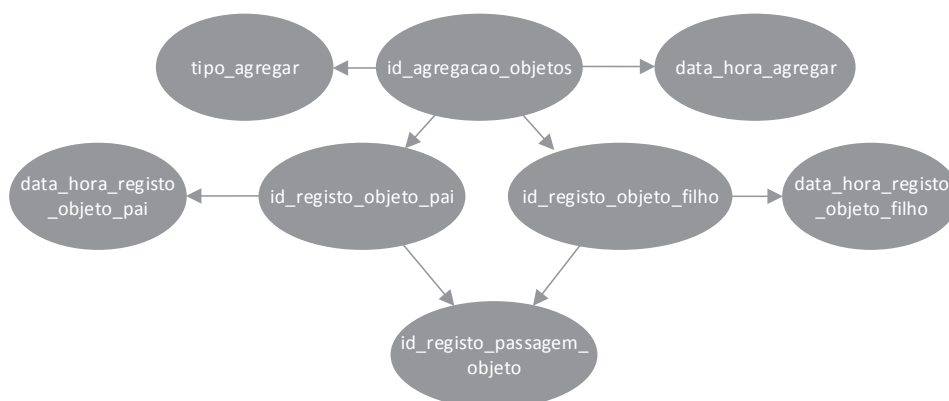
Tabela 3.6: Relação “R1” - Não Normalizada

Determinantes	Chaves Candidatas
<id_agregacao_objetos>	<id_agregacao_objetos>
<id_registro_objeto_pai>	
<id_registro_objeto_filho>	



R(id_registro_producao, id_entrada_empresa, id_saida_empresa, id_associacao_tags_inicio, ...)

Figura 3.17: DDF - Relação Universal “R”



R1(id_agregacao_objetos, id_registro_objeto_pai, id_registro_objeto_filho, id_registro_passagem_objeto, ...)

Figura 3.18: DDF - “R1”

Como tal, apresentam-se na Figura 3.19 três decomposições fruto da relação “R1”. Agora, as sub relações “R1.1”, “R1.2” e “R1.3” estão normalizadas pois todos os determinantes são também chaves primárias, como é demonstrado na Tabela 3.7. De salientar que na Figura 3.19 já são indicadas as chaves primárias de cada relação, visto que estas encontram-se normalizadas.

Tabela 3.7: Sub Relações “R1.1”, “R1.2” e “R1.3” - Normalizadas

	Determinantes	Chaves Candidatas
R1.1	<id_agregacao_objetos>	<id_agregacao_objetos>
R1.2	<id_registro_objeto_pai>	<id_registro_objeto_pai>
R1.3	<id_registro_objeto_filho>	<id_registro_objeto_filho>

Continuando com a decomposição da relação universal, observam-se na Figura 3.20 as relações “R2”, “R3” e “R4”. Mais uma vez, através da observação da Tabela 3.8, justifica-se que as relações “R2”, “R3” e “R4” estão normalizadas. De salientar que, na Figura 3.20, já são indicadas as chaves primárias de cada relação.

Tabela 3.8: Relações “R2”, “R3” e “R4” - Normalizadas

	Determinantes	Chaves Candidatas
R2	<id_entrada_empresa>	id_entrada_empresa>
R3	<id_saida_empresa>	<id_saida_empresa>
R4	<id_registro_producao>	<id_registro_producao>

Na Figura 3.21 está representada a relação “R5” e como é possível observar pela figura e pela Tabela 3.9, esta não está normalizada, portanto prossegue-se com a sua decomposição.

De seguida, na Figura 3.22, é decomposta a relação “R5”. A partir daqui as relações apresentadas estão todas normalizadas, como é possível observar na Tabela 3.10.

Na Figura 3.23 observa-se a relação “R6”. Esta, como se pode comprovar na Tabela

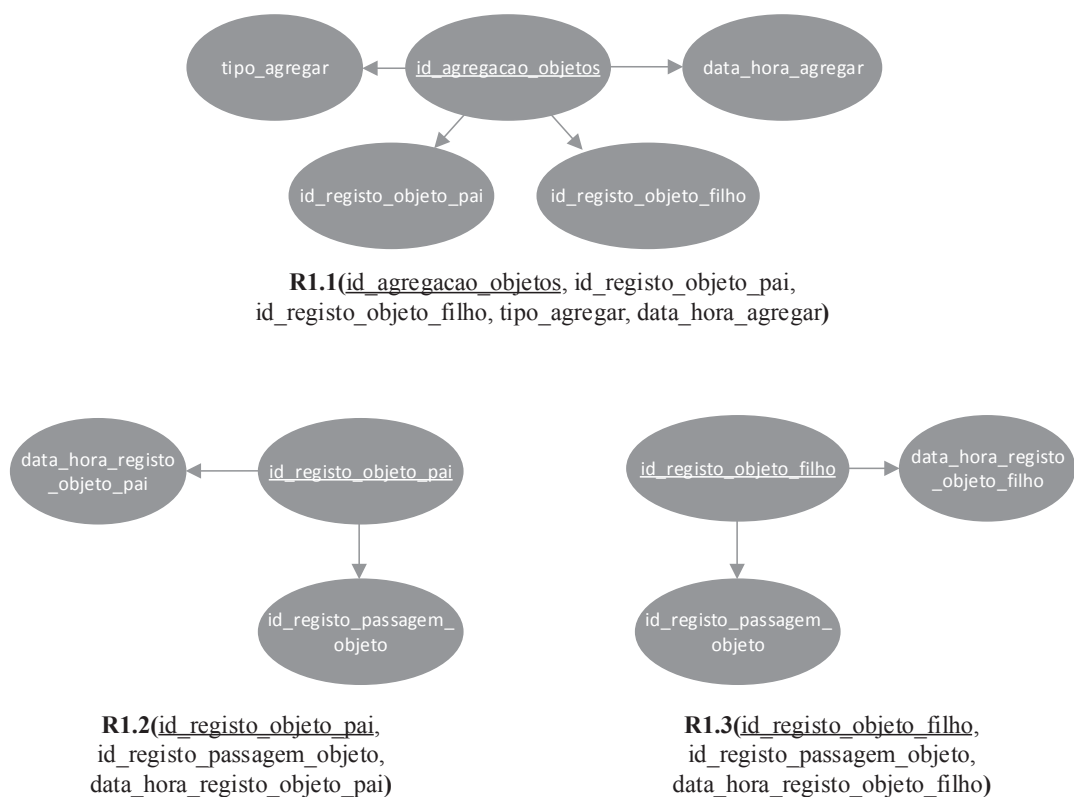


Figura 3.19: DDF - “R1.1”, “R1.2” e “R1.3”

Tabela 3.9: Relação “R5” - Não Normalizada

Determinantes	Chaves Candidatas
<id_associacao_tags>	id_associacao_tags>
<id_associacao_tags_inicio>	
<id_associacao_tags_final>	

Tabela 3.10: Sub Relações “R5.1”, “R5.2” e “R5.3” - Normalizadas

	Determinantes	Chaves Candidatas
R5.1	<id_associacao_tags>	id_associacao_tags>
R5.2	<id_associacao_tags_inicio>	<id_associacao_tags_inicio>
R5.3	<id_associacao_tags_final>	<id_associacao_tags_final>

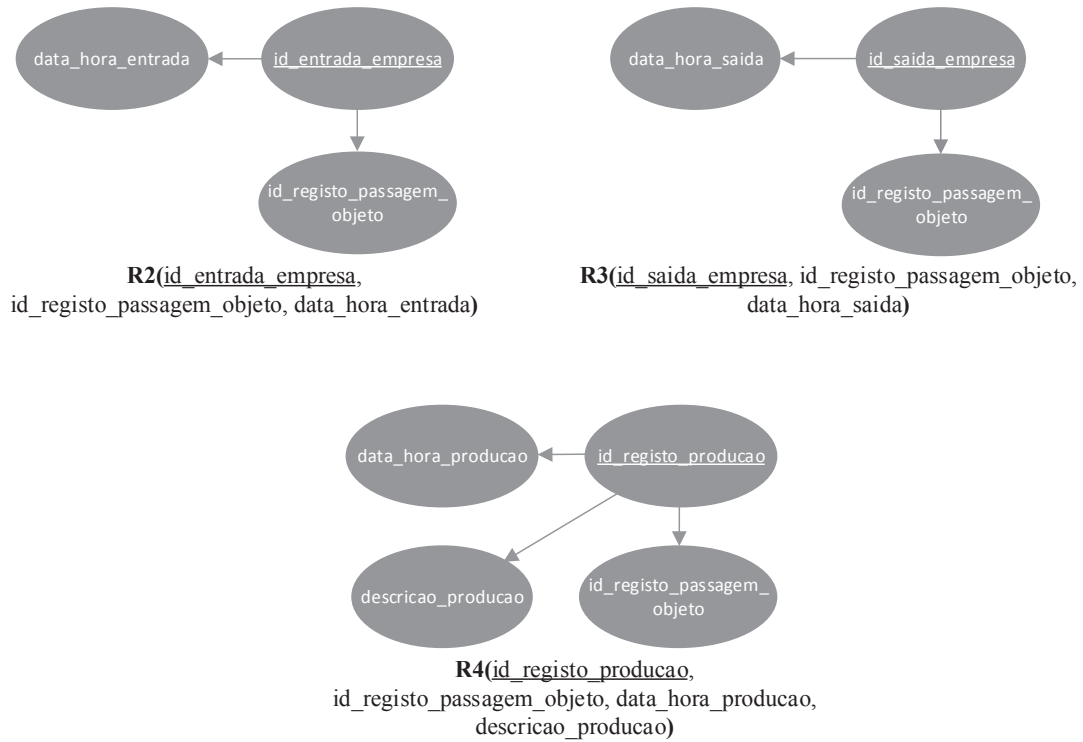


Figura 3.20: DDF - “R2”, “R3” e “R4”

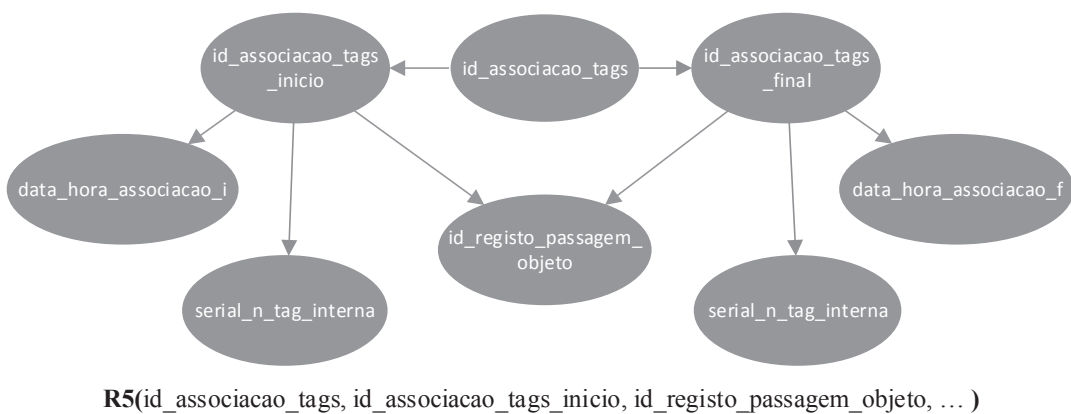


Figura 3.21: DDF - “R5”

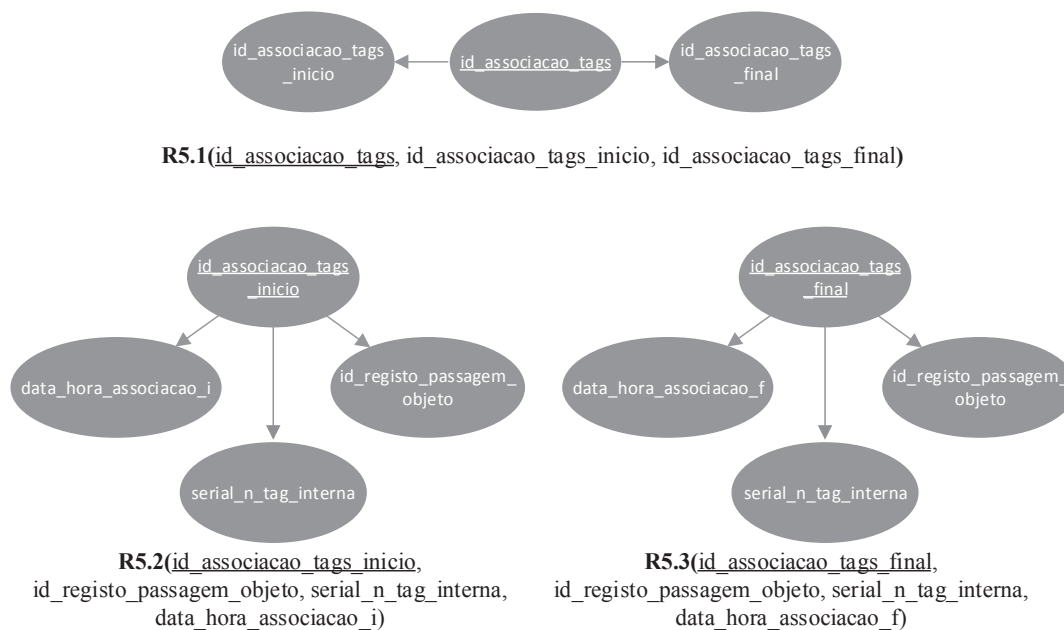


Figura 3.22: DDF - “R5.1”, “R5.2” e “R5.3”

3.11, não se apresenta normalizada e por isso terá que se proceder à sua decomposição. Na Figura 3.24 podem-se observar as sub relações provenientes da relação “R6”. Na Tabela 3.12 comprovam-se que todas as sub relações estão normalizadas e novamente, as chaves primárias de cada relação estão sublinhadas.

Termina-se assim a normalização do modelo de BD proposta, estando esta pronta a ser aplicada num caso prático.

Tabela 3.11: Relação “R6” - Não Normalizada

Determinantes	Chaves Candidatas
<id_registro_passagem_objeto> <id_objeto> <id_leitor> <id_empresa> <id_local>	<id_registro_passagem_objeto>

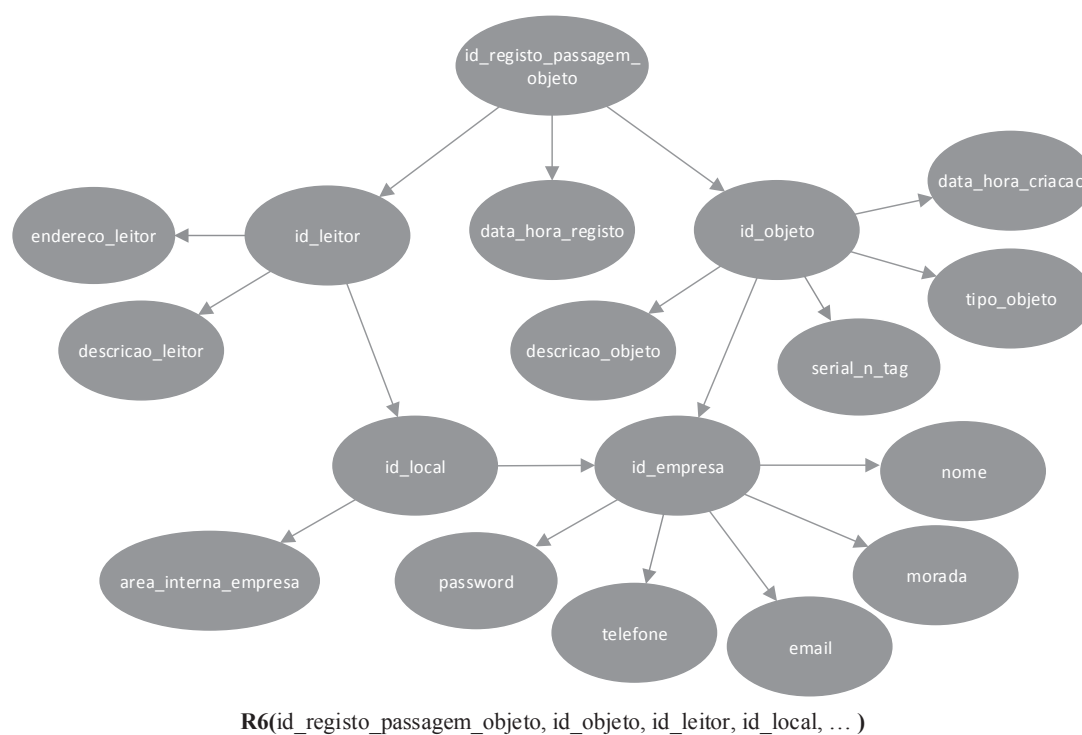


Figura 3.23: DDF - “R6”

Tabela 3.12: Sub Relações “R6.1”, “R6.2”, “R6.3”, “R6.4” e “R6.5” - Normalizadas

	Determinantes	Chaves Candidatas
R6.1	<id_registro_passagem_objeto>	<id_registro_passagem_objeto>
R6.2	<id_leitor>	<id_leitor>
R6.3	<id_local>	<id_local>
R6.4	<id_objeto>	<id_objeto>
R6.5	<id_empresa>	<id_empresa>

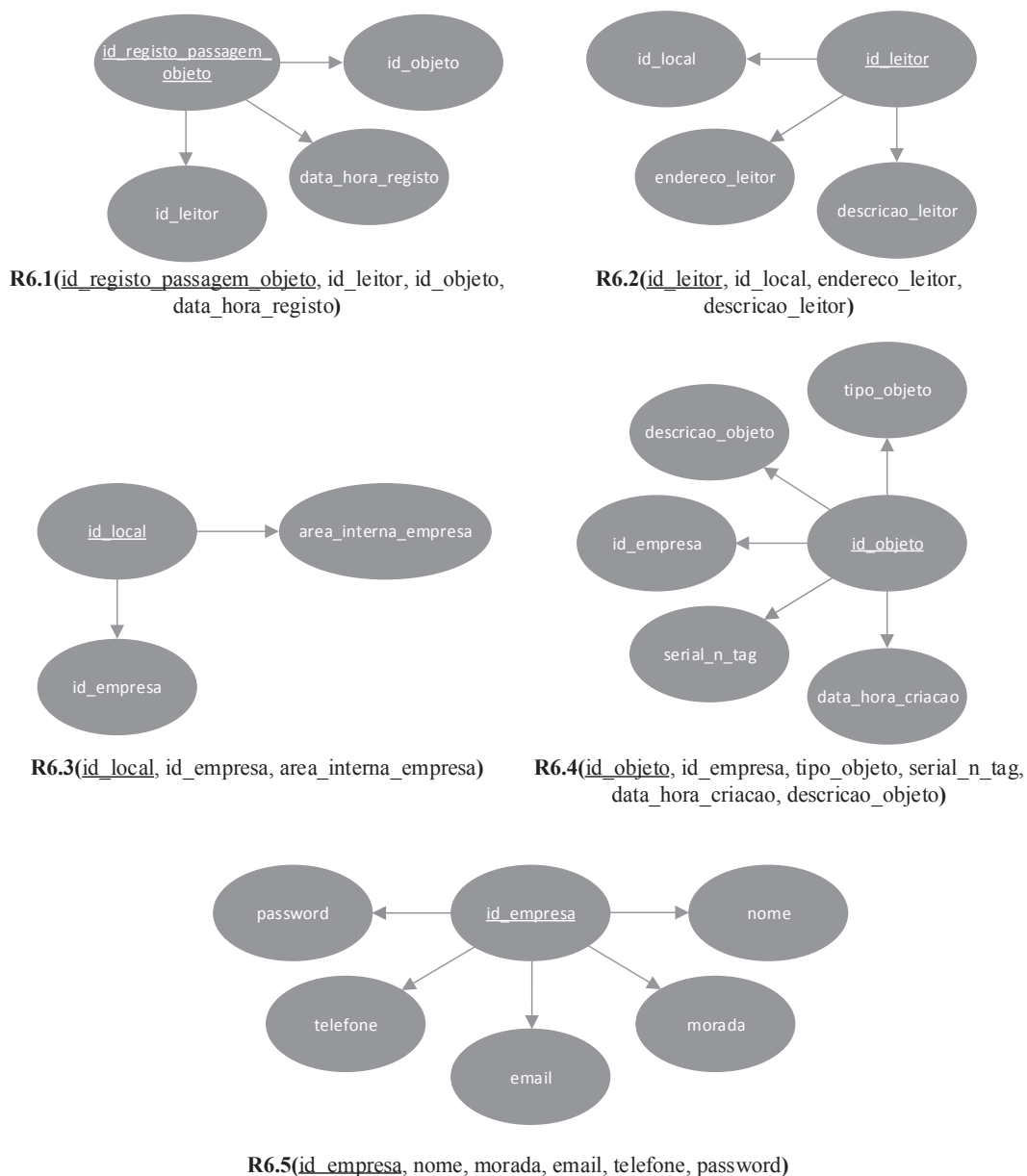


Figura 3.24: DDF - “R6.1”, “R6.2”, “R6.3”, “R6.4” e “R6.5”

Capítulo 4

Implementação

A dificuldade de integração de sistemas de rastreabilidade nas empresas é um entrave à rastreabilidade ao longo de uma cadeia de fornecimento, isto porque, por vezes, as empresas adotam sistemas de rastreabilidade incompatíveis entre si, o que impossibilita a continuação da rastreabilidade dos produtos que chegam à empresa. A implementação de novos sistemas de rastreabilidade pode trazer custos elevados para empresa, o que muitas das vezes se torna impraticável. A incompatibilidade de sistemas pode ocorrer porque a tecnologia associada à rastreabilidade possui várias Normas de funcionamento, ou simplesmente porque o modo como a empresa está preparada para interpretar os dados é diferente. Tendo em vista estes problemas foi estudado um novo modelo de rastreabilidade, que inclui a integração de dois sistemas de RFID com diferentes Normas de interação entre a *TAG* e o leitor, e ainda, o desenvolvimento de uma aplicação, que possibilita o controlo dos dois sistemas de rastreabilidade e o registo de todos os dados importantes da rastreabilidade industrial numa BD.

4.1 Esquema Geral da Implementação

Uma parte da implementação consiste na integração de dois tipos diferentes de leitores de RFID. Para os integrar está responsável o μ controlador (UP) que faz a gestão das mensagens trocadas entre estes e o computador local. Ao nível do computador existe uma aplicação para o controlo dos leitores e a interação com a BD. Na Figura 4.1 é possível observar o esquema geral da implementação prática efetuada, no entanto, no Apêndice C estão presentes os esquemas elétricos, onde estão detalhados todos os pormenores das ligações entre os leitores e os meios de processamento.

Os leitores de RFID SM130 da marca Sparkfun comunicam com o μ controlador através de um barramento I2C, possibilitando a ligação de vários leitores deste tipo. Os leitores da marca Contrinex[®] comunicam com o μ controlador através de um barramento de RS485 onde há igualmente a possibilidade de ligar neste vários leitores desta marca. Como é possível observar, o μ controlador (PIC18F26J50) é a central de processamento, pois é o responsável por gerir a comunicação entre o computador e os vários leitores existentes na implementação. O computador, por sua vez, possui uma interface gráfica que posteriormente estabelece uma comunicação com uma BD.

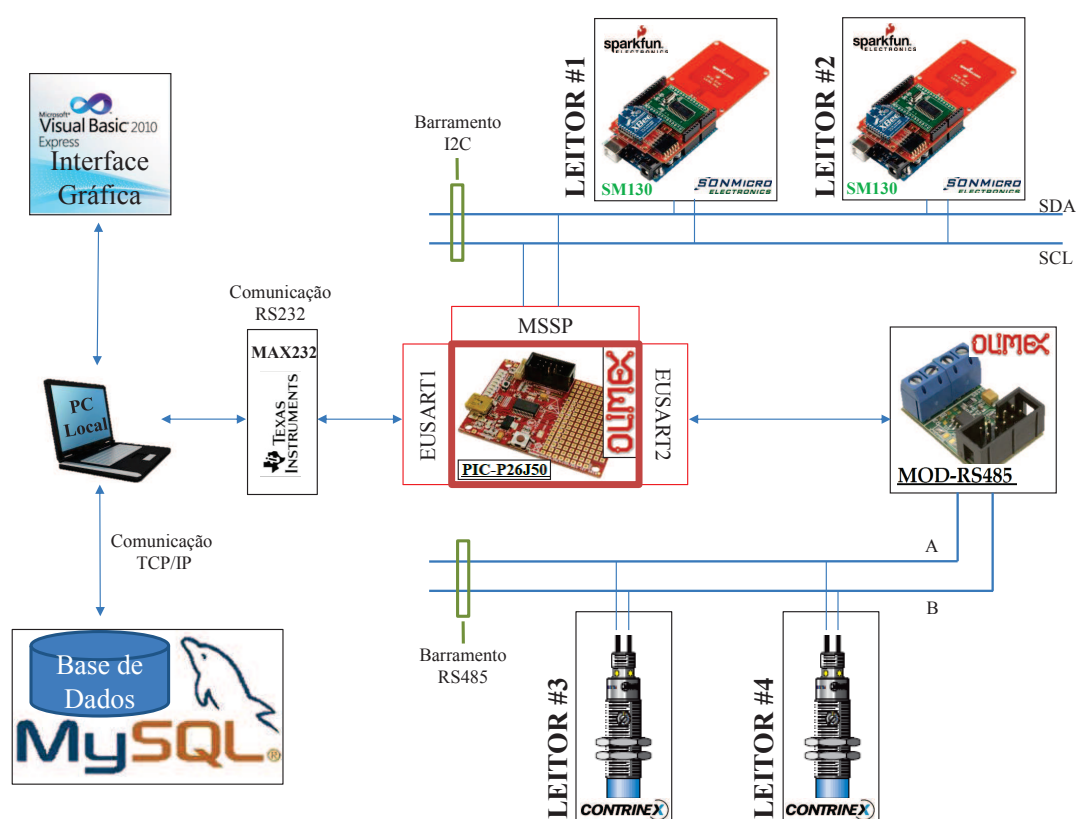


Figura 4.1: Esquema geral da implementação

4.2 Componentes utilizados

De seguida serão descritos os componentes utilizados na implementação tentando justificar a razão da sua utilização.

4.2.1 Leitores RFID Sparkfun Eval 13.56MHz (SM130)

Estes leitores têm um módulo de RFID da marca SONMicro, que especificamente, é um módulo de escrita e leitura Mifare®. A Sparkfun responsabilizou-se por colocar antena nestes módulos da SONMicro criando assim as placas vermelhas utilizadas nesta dissertação, incluindo assim o módulo SM130 e a antena na mesma placa (Figura 4.2).

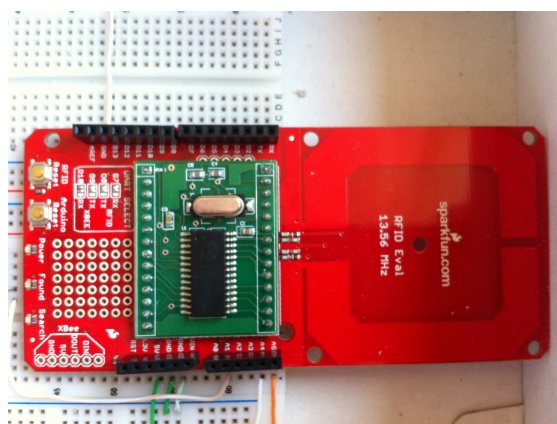


Figura 4.2: Placa Sparkfun: Módulo SM130 e Antena

- Possuem as principais características:
 - Sistema de RFID de alta frequência - 13.56MHz - frequência permitida em todo o mundo.
 - Suportam a Norma ISO14443A sendo estes compatíveis com as TAGs Mifare® Classic 1K, Classic 4K e as Ultralight.
 - Suportam comunicação RS232 e I2C.
 - São módulos seguros, pois praticam uma comunicação entre a TAG e o leitor de uma forma encriptada.
 - São ideais para controlo de acessos e aplicações de recolha de dados.
- **Comunicação:** Para estabelecer comunicação com estes dispositivos de RFID optou-se pela comunicação I2C uma vez que esta permite que sejam ligados vários módulos ao seu barramento, bastando que seja definido um endereço a cada leitor para posterior troca de mensagens entre o *Master* (μcontrolador) e os *slaves* (módulos de RFID SM130). Para permitir que os módulos comuniquem por I2C é necessário proceder a uma atualização de *Firmware*, que é efetuada através de uma comunicação RS232. Para isso, ligou-se o módulo ao computador através de uma comunicação RS232 e procedeu-se à sua atualização através de um programa fornecido pela SONMicro (*"Firmware Upgrade Tool for SM130"*).

O endereço físico dos módulos, necessário para a comunicação I2C, é definido através do programa “SMRFID MIFARE V1.2”. Os endereços definidos para cada módulos são apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Endereços I2C dos leitores SM130

Leitor	Endereço I2C (Hex)
#1	0x42
#2	0x43

Estes módulos SM130 permitem uma velocidade de *clock* de 50KHz, 100KHz e 400KHz, o que se traduz para uma velocidade máxima de transferência de dados de aproximadamente 400kBit/s. Esta frequência de *clock* é definida nas configurações da comunicação no μ controlador.

Utilizando este tipo de comunicação, o módulo de RFID mantém a resposta ao comando enviado pelo *Master* durante cinquenta milissegundos, ou seja, após o envio do comando o *Master* tem cinquenta milissegundos para obter a resposta. No entanto, é aconselhável que se aguarde cerca de cinco milissegundos para a obtenção da resposta por parte do *Slave*.

- **Modo de Operação:** O objetivo destes módulos é que sejam capazes de detetar e aceder à memória das *TAGs*, para posteriormente se efetuarem operações de leitura e escrita. Para aceder à memória das *TAGs* é necessário seguir uma sequência de comandos [41]:
 1. A *TAG* é detetada e selecionada através do seu *serial number*.
 2. O setor de dados (um setor de dados contém 4 blocos, em que cada um possui 16 *bytes* de dados, no entanto o quarto bloco só é utilizado para configurações de acesso e definição da chave de autenticação - este assunto é abordado mais à frente) ao qual se pretende aceder é autenticado através de um código.
 3. Depois da autenticação podem ser efetuadas operações no bloco autenticado. As operações disponíveis dependem das condições de acesso definidas. Se houver tentativa de aceder a blocos não autenticados, a comunicação estabelecida com a *TAG* é interrompida, e caso se pretenda aceder novamente à sua memória é necessário proceder novamente à sua seleção e autenticação.
- **Estrutura de mensagem** trocada entre o *Master* e o *Slave*: para que o *Slave* consiga interpretar o conjunto de *bytes* que são enviados pelo *Master*, este tem que respeitar uma estrutura definida pelo fabricante, onde é possível observar nas Tabelas A.1 e A.2 presentes em apêndice. No Apêndice A é descrito todo o processo de troca de mensagens entre um μ controlador e um módulo de RFID SM130, onde inclusive é apresentado um exemplo com vários comandos utilizados.
- **Comandos e Respostas:** No Apêndice A, mais propriamente na Tabela A.3 são enumerados os principais comandos dos módulos SM130 com correspondente código e descrição.

4.2.2 Leitores RFID Contrinex®

Estes leitores foram gentilmente cedidos pela empresa Contrinex® para trabalhos académicos. Fazem parte de um *Kit* onde, através de um adaptador USB, consegue-se estabelecer a comunicação entre os dispositivos de RFID e o computador. É fornecido um programa para interface com o utilizador que permite colocar em prática todas as funções que estes leitores permitem executar. São leitores de muito fácil instalação para uma empresa, pois é de instalação *plug & play*. No entanto, o objetivo desta dissertação não é simplesmente ligar o *Kit* ao computador e comunicar com os dispositivos, mas sim fazer a integração destes num sistema de rastreabilidade. Nesta dissertação, os leitores RFID Contrinex® são ligados através de RS485 ao μ controlador. Os leitores em questão são (Figura 4.3):

- RLS-1303-020 (distância de leitura até 45 mm)
- RLS-1183-020 (distância de leitura até 26 mm)

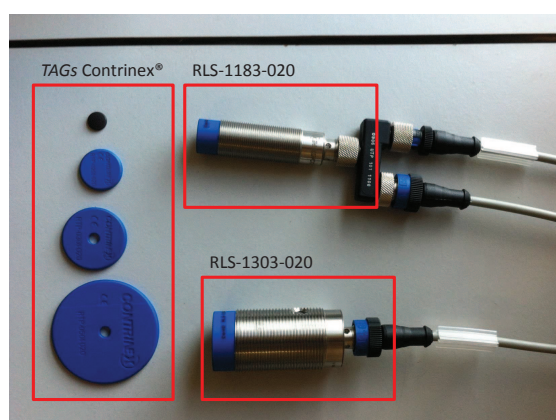


Figura 4.3: Leitores e TAGs Contrinex®

Dos leitores apresentados, as suas características são comuns, sendo de destacar as diferenças de distância de leitura.

- As suas principais características são [49]:
 - Sistema de RFID de alta frequência - 13.56MHz - frequência permitida em todo o mundo.
 - Compatível com a Norma ISO15693, não estando limitados uma específica marca de TAGs.
 - Suportam comunicação RS485.
 - Barramento disponível para conectar até 32 dispositivos.
 - Possibilidade de definição do endereço físico através de potenciômetro ou, digitalmente, através do programa fornecido pela empresa (Figura 4.4).
 - Os leitores identificam até 5 TAGs através do algoritmo de anti-colisão.



Figura 4.4: Leitores Contrinex® - potenciômetro

- **Comunicação:** Como já foi referido, estes dispositivos de RFID estão preparados para comunicar através de RS485. Podem possuir velocidades de transferência de dados até 24kBit/s e possibilitam a ligação de vários dispositivos ao seu barramento. Para que estes comuniquem com o μ controlador é necessário que exista um conversor de tensões na comunicação RS485 pois o μ controlador só permite tensões de entrada nas suas portas entre +5V e 0V.

Nesta implementação apenas se utilizou o endereço definido através do potenciômetro, visto que, só se utilizaram dois leitores estando, por isso, dentro dos limites para este método de definição de endereços (limite de 10 dispositivos definidos fisicamente pelo potenciômetro). Na Tabela 4.2 estão presentes os endereços físicos definidos aos leitores da Contrinex® utilizados na implementação.

Tabela 4.2: Endereços Físicos dos leitores Contrinex® (Barramento RS485)

Leitor	Endereço Físico
#3	0x05
#4	0x08

- **Modo de Operação:** o modo de operação deste tipo de leitores de RFID é idêntico ao dos leitores SM130. Após ser detetada a *TAG*, pode ser selecionada e assim estar pronta para futuras operações. Ou então, em vez de a selecionar, pode ser indicado o seu *serial number* aquando do envio da mensagem com o comando a executar. É possível efetuar várias operações só com uma deteção e selecção de *TAG*. As *TAGs* por predefinição não exigem que sejam autenticadas, no entanto, possuem a possibilidade de criar uma *password* de acesso ao seu conteúdo. No caso da *TAG* deixar de estar ao alcance do campo RF é necessário voltar a efetuar a procura e a seleccioná-la.
- **Estrutura de mensagem:** A estrutura de mensagem compatível com estes leitores é apresentada na Tabela 4.3. Na Tabela 4.4, é descrito cada parte da estrutura da mensagem. Os *bytes* de início e fim de mensagem permanecem constantes em todas as mensagens sendo estes 0x0F e 0xF0 respetivamente. Os *bytes* de endereço do *Master* e do *Slave* são bastante importantes para fazer a gestão de mensagens, pois com estes dois *bytes* é possível saber de qual dispositivo é proveniente a

mensagem e saber qual o seu destino. O tamanho da mensagem está representado por dois *bytes* e é essencial para fazer a sua interpretação estando dependente do número de *bytes* que constituem o comando da mesma. O *byte* de controlo (CRC) é calculado tendo em conta todos os *bytes* da mensagem, exceto os *bytes* de início e fim, e ele próprio. O algoritmo para o cálculo do CRC é fornecido pelo fabricante.

Tabela 4.3: Estrutura de mensagem para leitores Contrinex® - adaptado de [50]

SOF	SRC	DST	Plen	LenL	SeqID	CMD	CRC8	EOF
0x0F	1 byte	1 byte	1 byte	2 byte	1 byte	N bytes	1 byte	0xF0

Tabela 4.4: Significado de cada parte da estrutura da mensagem para leitores Contrinex® - adaptado de [50]

Código	Descrição
SOF	<i>Start of frame</i> (Início da mensagem)
SRC	<i>Source address</i> (Endereço do Master)
DST	<i>Destination address</i> (Endereço do Slave)
Plen	<i>Packet length</i> (Tamanho da mensagem)
SeqID	<i>Sequence Identifier</i> (ID Sequência)
CMD	<i>Command</i> (Conjunto de <i>bytes</i> do comando)
CRC	<i>Cyclic Redundancy Check</i> (Algoritmo de verificação de dados)
EOF	<i>End of frame</i> (Fim da mensagem)

- **Comandos e Respostas:** relativamente aos comandos disponíveis para estes leitores são apresentados no Apêndice B, mais especificamente na Tabela B.1, os respetivos códigos e descrição de cada comando.

4.2.3 Placa de desenvolvimento Olimex PIC-P26J50

Esta placa da Olimex tem como objetivo facilitar o desenvolvimento de sistemas micro controlados, pois tem incluído um μ controlador que, através de uma ficha UEXT e uma zona de desenvolvimento, possibilita o acesso a todos os pinos deste de uma forma mais simples e cómoda - Figura 4.5. A sua alimentação é efetuada através de um cabo USB e possui ainda uma ficha para programação (ligação da ICD2). O μ controlador presente nesta placa é o PIC18F26J50 da Microchip® e é este o responsável por fazer o controlo dos dispositivos de RFID a ele ligados, estando dependente das mensagens recebidas do computador.

Das muitas características que descrevem este μ controlador são apresentadas de seguida as mais importantes e as que mais beneficiam a execução da implementação prática desta dissertação [51; 52]:

- Nível de prioridade para as interrupções - utilizadas interrupções para as portas série.
- Programação do *Watchdog Timer* para períodos de 4 milissegundos a 131 segundos - importante para reiniciar o μ controlador com uma frequência previamente definida e de acordo com os tempos de envio e receção de dados para os dispositivos, solucionando eventuais bloqueios de processamento do μ controlador.

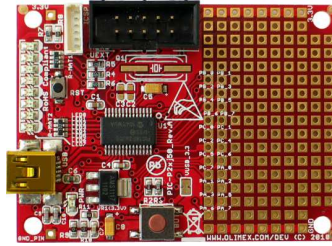


Figura 4.5: Placa de desenvolvimento Olimex PIC-P26J50

- Memória de programação preparada para 10.000 ciclos de Apagar/Escrever (no mínimo).
- Alimentação por USB.
- Cristal interno de alta precisão (com redução do erro quando utilizada a alimentação por USB) com possibilidade de configuração para várias frequências.
- Suporte de duas *Master Synchronous Serial Port* (MSSP) - *Serial Peripheral Interface* (SPI) e I2C - a comunicação I2C foi utilizada para comunicar com os módulos de RFID SM130.
- Dois módulos de EUSART - utilizadas as comunicações série RS232 e RS485.

4.2.4 MAX232

Este componente é essencial para estabelecer a comunicação entre o computador e o μ controlador, pois através dele os sinais da porta série RS232 do computador (intervalos de tensão entre -5V e 5V) são convertidos em sinais TTL (intervalos de tensão entre 0V e 5V) prontos a serem interpretados pelo μ controlador [53].

Isto é necessário porque as portas do μ controlador, neste caso digitais, só estão preparadas para funcionar com tensões nos intervalos referidos anteriormente. O MAX232 é utilizado para enviar mensagens do computador para o μ controlador (níveis RS232 em níveis TTL) e vice-versa (níveis TTL em níveis RS232). O seu esquema de ligações é apresentado no esquema elétrico na Figura C.1.

4.2.5 Módulo RS485 Olimex MOD-RS485

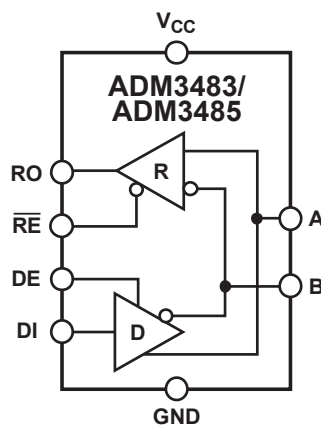
Este componente é utilizado para estabelecer a comunicação entre o μ controlador e os leitores de RFID da Contrinex®, isto porque, como já foi referido, estes leitores comunicam por RS485, portanto é necessário converter os sinais vindos do μ controlador em sinais RS485 e vice-versa [54; 55]. Este módulo da Olimex (Figura 4.6) permite uma comunicação *Half-Duplex* (um par de fios condutores), o que significa que os leitores de RFID não podem receber e enviar dados ao mesmo tempo, ou seja, a comunicação é estabelecida só num sentido, à vez.

O *transceiver* responsável pela conversão, presente neste módulo da Olimex, é o ADM3483ARZ (Analog Devices®) e, como se está perante uma comunicação *Half-Duplex* este módulo possui dois pinos (\overline{RE} e DE - Figura 4.7) que, em função do seu estado (0 ou 1), o *transceiver* está em modo envio ou recepção. Esta gestão é feita através da ligação destes dois pinos a uma saída do μ controlador, segundo a Tabela



Figura 4.6: Módulo RS485 Olimex MOD-RS485

4.5, para envio de dados, e a Tabela 4.6 para a recepção. As nomenclaturas "DI" e "RO", representam os pinos para a comunicação série entre o μ controlador e módulo (TX e RX respectivamente).

Figura 4.7: Diagrama funcional do *transceiver* RS485 - adaptado de [56]Tabela 4.5: Lógica pinos \overline{RE} e DE para envio de dados - RS485 - adaptado de [56]

\overline{RE}	DE	DI		
			B	A
X	1	1	0	1
X	1	0	1	0
0	0	X	Alta Impedância	Alta Impedância
1	0	X	Alta Impedância	Alta Impedância

Observando a Tabela 4.5, conclui-se que para haver envio de dados com sucesso o pino DE tem que estar ativo, não interessando o estado do pino \overline{RE} . Quando isto se verifica e é enviado o *bit* "1" (DI=1 em níveis TTL significa que há uma voltagem de cerca de 5V neste pino), a linha A passa a *um* e a linha B passa a *zero*. Quando é enviado o *bit* "0" (DI=0 em níveis TTL significa que há uma voltagem de cerca de 0V neste pino), a linha A passa a *zero* e a linha B passa a *um*. Relativamente ao pino DE, quando este está a *zero*, as linhas A e B do barramento RS485 estão em alta impedância, não havendo transmissão de dados.

Observando a Tabela 4.6, conclui-se que para ocorrer recepção de dados o pino \overline{RE}

Tabela 4.6: Lógica pinos \overline{RE} e DE para receção de dados - RS485 - adaptado de [56]

\overline{RE}	DE	A-B	RO
0	0	$\geq +0,2V$	1
0	0	$\leq -0,2V$	0
0	0	Entrada Aberta	1
1	0	X	Alta Impedância

tem que estar a *zero*, sendo o estado do pino DE desprezado. Estando a receção de dados ativa, quando a diferença de potencial entre as linhas A e B é maior ou igual a 0.2V é recebido o *bit* "1", enquanto que se a diferença de potencial for inferior ou igual a -0.2V, é recebido o *bit* "0". Caso o pino \overline{RE} esteja a *um*, o pino de receção de dados fica em alta impedância, não havendo receção de dados.

Com a observação das tabelas conclui-se que para fazer o controlo dos pinos \overline{RE} e DE, basta ligar os dois à mesma saída digital do μ controlador pois quando se pretende enviar dados, o pino DE tem que estar ativo e o estado do pino \overline{RE} é desprezado; e quando se pretende receber dados, o pino \overline{RE} tem que estar desativo e o estado do pino DE é desprezado. Sendo assim, o controlo de envio/receção de dados é efetuado unicamente com uma saída do μ controlador (0 ou 1), como é possível observar no esquema elétrico apresentado na Figura C.3.

4.3 TAGs utilizadas

4.3.1 TAGs Mifare® Classic 1K - ISO14443A

Estas são um tipo de TAGs utilizadas nesta dissertação, sendo identificadas e acedidas à sua memória pelos módulos de RFID SM130, respeitando a norma ISO14443A. Algumas das razões para se trabalhar com estas TAGs são: possuem um custo de aquisição baixo (aprox. 2 euros - preço unitário, reduzindo o preço com a quantidade que se pretende adquirir), possuem um razoável número de *bytes* de memória e um elevado nível de segurança.

Estas TAGs são do tipo passivo e portanto não possuem bateria própria, transmitindo os dados e alimentação através do campo RF (frequência de operação é de 13.56MHz). Cada TAG destas possui um *serial number* único que não pode ser alterado. Permite que a cada setor de dados sejam dadas diferentes chaves e diferentes condições de acesso.

O *chip* contido nestas TAGs é constituído por 1 *kByte* de memória (*Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory* (EEPROM)), um enrolamento para interação com o campo RF do leitor de RFID e uma pequena unidade de controlo digital. Tudo começa com um comando enviado pelo módulo de RFID para procurar TAGs ao qual respondem ao pedido segundo um algoritmo de anti-colisão, sendo lido o respetivo *serial number* da TAG. De seguida é selecionada a TAG pretendida, enquanto que as TAGs não selecionadas entram num modo *standby*. Após ser selecionada passa-se à sua autenticação, podendo de seguida, ser permitidas operações de memória já identificadas na Sub-Secção 4.2.1, tais como a leitura e a escrita de blocos de memória e o decremento e

o incremento de valores presentes em blocos de memória. Após a autenticação, todas as operações de memória são encriptadas [57].

A memória da TAG é organizada em 16 setores com 4 blocos. Cada bloco é constituído por 16 *bytes* - Tabela 4.7. O primeiro bloco (bloco 0 do setor 0) é destinado a identificar o fabricante da TAG e está protegido contra a escrita, sendo programado aquando da produção da TAG.

Tabela 4.7: Organização da memória de TAGs Mifare® 1K - adaptado de [57]

		Número de <i>Byte</i>																
Setor	Bloco	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Descrição
0	0																	Bloco Fabricante
	1																	Data
	2																	Data
	3		Chave A					C. Acesso					Chave B					Bloco Configuração
1	0																	Data
	1																	Data
	2																	Data
	3		Chave A					C. Acesso					Chave B					Bloco Configuração
...	0																	Data
	1																	Data
	2																	Data
	3		Chave A					C. Acesso					Chave B					Bloco Configuração
15	0																	Data
	1																	Data
	2																	Data
	3		Chave A					C. Acesso					Chave B					Bloco Configuração

Todos os setores contêm 3 blocos de 16 *bytes* para guardar dados (o setor 0 só contém 2 blocos para escrita de dados devido à existência do bloco destinado à identificação do fabricante da TAG). Os dados dos blocos podem ser configurados para guardar um valor (número inteiro), em que posteriormente pode ser incrementado, decrementado e transferido entre blocos.

Cada setor tem um bloco (último do setor) que define as condições de acesso aos dados presentes neste setor. Mais propriamente são definidas as chaves de acesso A e B (6 *bytes* para cada chave) e ainda através de uma combinação de 4 *bytes* (apesar de serem necessários apenas 3 *bytes*) são definidas as condições de acesso - Figura 4.8. Estas configurações de acesso podem ser alteradas desde que se conheçam as chaves de acesso e as atuais definições de acesso permitam esta operação.

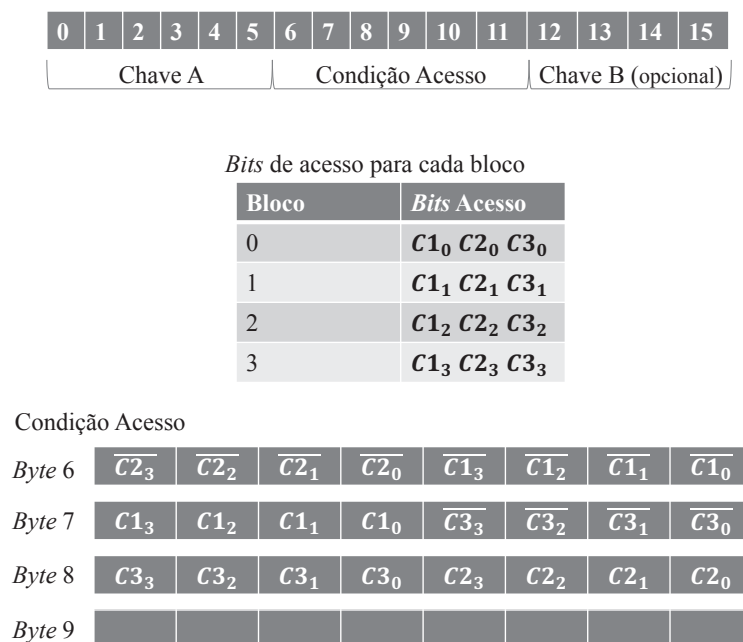


Figura 4.8: Esquema do bloco de definição de chaves A e B, e condições de acesso ao setor da TAG - adaptado de [57]

Na Tabela 4.8 são apresentadas as combinações dos *bits* de acesso possíveis e respectivas condicionantes para o acesso ao bloco das configuração de acesso.

Tabela 4.8: Combinações dos *bits* de acesso das TAGs Mifare® 1K - adaptado de [57]

Bits Acesso			Condição de Acesso					
			Chave A		Bits Acesso		Chave B	
C1	C2	C3	Leitura	Escrita	Leitura	Escrita	Leitura	Escrita
0	0	0	X	A	A	X	A	A
0	1	0	X	X	A	X	A	X
1	0	0	X	B	A ou B	X	X	B
1	1	0	X	X	A ou B	X	X	X
0	0	1	X	A	A	A	A	A
0	1	1	X	B	A ou B	B	X	B
1	0	1	X	X	A ou B	B	X	X
1	1	1	X	X	A ou B	X	X	X

É possível observar, dependendo da combinação de *bits* escolhida, diferentes condições de acesso ao bloco de configuração de acesso. Por exemplo, escolhendo a combinação em que os valores de C1, C2 e C3 é tudo zeros, não é possível, depois disto, ler a chave A, nem escrever nos *bits* de acesso. No entanto, autenticando o setor em questão com a chave A é permitida a escrita de uma nova chave A, a leitura dos *bits* de acesso e a leitura e escrita de uma nova chave B.

Na Tabela 4.9 são apresentados, para cada combinação de *bits* de acesso, as permissões para operações de memória da TAG. De salientar que quando as chaves podem ser

lidas (Tabela 4.8), estas não podem ser usadas como chave para autenticação.

Quando são introduzidos *bytes* no bloco de configuração de acesso a dados da TAG não esperados, o setor ao qual corresponde o bloco de configuração, ficará bloqueado irreversivelmente [57].

Tabela 4.9: Condições de acesso para operações de memória com TAGs Mifare® 1K - adaptado de [57]

Bits Acesso			Condição de Acesso			
C1	C2	C3	Leitura	Escrita	Incrementar	Decrementar
0	0	0	A ou B	A ou B	A ou B	A ou B
0	1	0	A ou B	X	X	X
1	0	0	A ou B	B	X	X
1	1	0	A ou B	B	B	A ou B
0	0	1	A ou B	X	X	A ou B
0	1	1	B	B	X	X
1	0	1	B	X	X	X
1	1	1	X	X	X	X

4.3.2 TAGs Contrinex® - ISO15693

Estas são as TAGs disponibilizadas pela empresa Contrinex®, juntamente com o seu *kit*. Respeitam a norma ISO15693 e possuem uma frequência de trabalho de 13.56MHz, permitindo uma velocidade máxima de transmissão de dados de 53 kBit/s. Tal como as TAGs apresentadas anteriormente, estas são do tipo passivo, têm uma forma cilíndrica e são revestidas a *nylon*. Relativamente à sua memória, possuem 64 blocos de 4 *bytes* cada, sendo 40 blocos (160 *bytes*) para memória destinada ao utilizador e 24 blocos (96 *bytes*) para configurações da TAG. As TAGs possuem um *ID* único constituído por 8 *bytes*. Permitem que sejam efetuados até 100.000 ciclos de escrita, enquanto que, relativamente à leitura, o número de ciclos é ilimitado. Os seus dados são mantidos por 10 anos.

O *kit* disponibilizado pela empresa Contrinex® contém 4 TAGs:

- RTP-0090-020
- RTP-0201-020
- RTP-0301-020
- RTP-0501-020

As distâncias de leitura são dependentes da TAG e do leitor, por isso é apresentado na Tabela 4.10 a distância de leitura para as várias TAGs e leitores de RFID utilizados.

Quanto à organização da memória destas TAGs, é apresentada na Tabela 4.11 a sua estrutura.

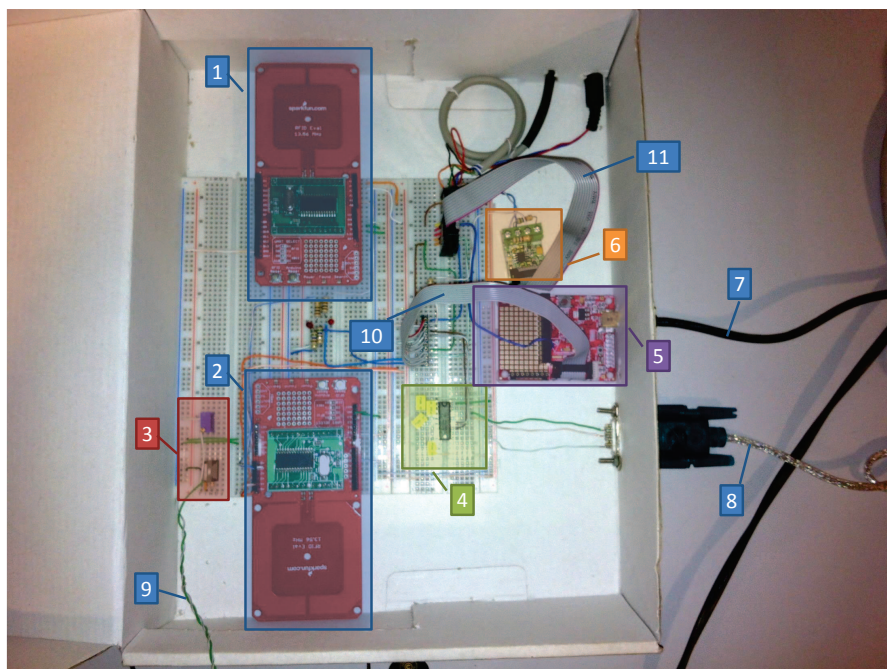
É possível observar que, comparativamente com as TAGs apresentadas anteriormente, ao conjunto de vários blocos, é chamado de página. As páginas maiores ou iguais a zero são destinadas ao utilizador (40 blocos), enquanto que as páginas menores que zero são destinadas a configurações da TAG (24 blocos). Outra diferença é a capacidade de memória que, nestas TAGs, é cerca de 1/4 das Mifare®.

Tabela 4.10: Distâncias de leitura para as várias TAGs Contrinex® em função do leitor RFID

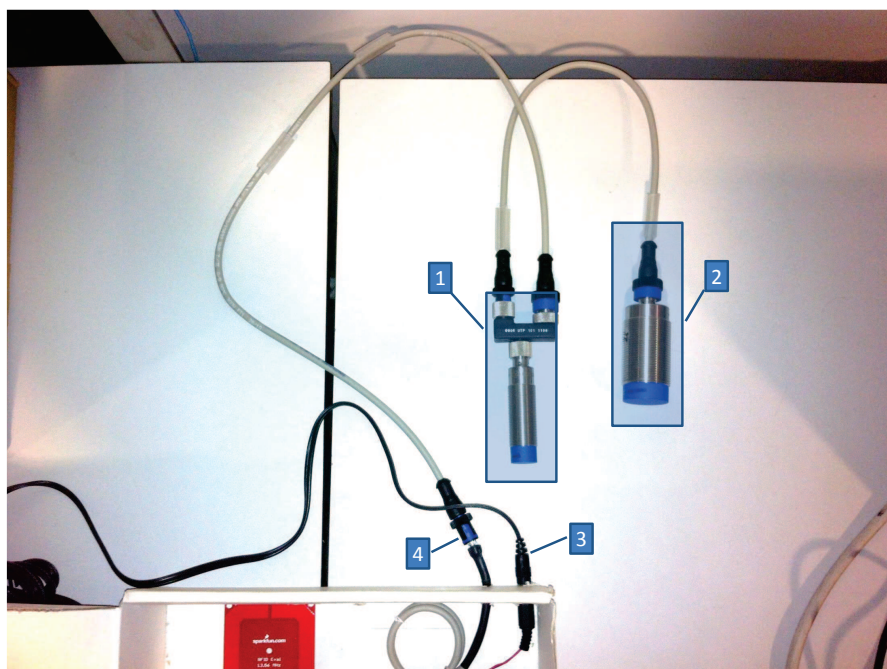
TAG	LEITOR	
	RLS-1183-020	RLS-1303-020
RTP-0090-020	12 mm	12 mm
RTP-0201-020	14 mm	25 mm
RTP-0301-020	26 mm	45 mm
RTP-0501-020	31 mm	45 mm

Tabela 4.11: Organização da memória das TAGs Contrinex® - adaptado de [58]

Página	Bloco	Byte 3	Byte 2	Byte 1	Byte 0
9	39				
	38				
	37				
	36				
...	...				
1	7				
	6				
	5				
	4				
0	3				
	2				
	1				
	0				
-1	-1				
	-2				
	-3				
	-4				
...	...				
-6	-21				
	-22				
	-23				
	-24				



(a) Módulos Sparkfun SM130, Placa de Desenvolvimento (μ controlador), Módulo de RS485 e MAX232



(b) Leitores Contrinex®

Figura 4.10: Identificação dos componentes utilizados na integração dos Módulos Sparkfun e Leitores Contrinex®

Tabela 4.12: Identificação e Descrição de Componentes da Figura 4.10a

Identificação	Descrição
1	Módulo Sparkfun SM130 (Endereço I2C -> 0x42)
2	Módulo Sparkfun SM130 (Endereço I2C -> 0x43)
3	Regulação da tensão para 5V
4	MAX232 e condensadores
5	Placa de Desenvolvimento PIC-P26J50
6	Módulo RS485 MOD-RS485
7	Alimentação da PIC-P26J50 via USB (Computador)
8	Cabo RS232 para ligação ao Computador
9	Alimentação 6V
10	Cabo UEXT da PIC-P26J50
11	Cabo UEXT do MOD-RS485

Tabela 4.13: Identificação e Descrição de Componentes da Figura 4.10b

Identificação	Descrição
1	Leitor Contrinex® RLS-1183-020 (Endereço Físico -> 0x08)
2	Leitor Contrinex® RLS-1303-020 (Endereço Físico -> 0x05)
3	Alimentação Leitores Contrinex (24V)
4	Cabo com Barramento RS485 e Alimentação dos Leitores

4.5 Camada Intermédia: μ controlador

Para que fosse possível a integração de dois sistemas de RFID foi necessária a inclusão de uma camada intermédia na arquitetura da solução proposta. Esta camada intermédia é constituída especificamente pelo μ controlador, que tem o objetivo de gerir todas as mensagens trocadas entre a camada superior da arquitetura (computador/utilizador) e a camada inferior (leitores de RFID). Graças à criação de uma estrutura de mensagem para troca entre estas camadas é possível que o μ controlador efetue a correta gestão das mensagens. Na Figura 4.11 é apresentado um diagrama de sequência que pretende descrever, de uma forma simples e exemplificativa, a troca de mensagens entre as várias camadas presentes na arquitetura proposta.

Na Figura 4.11, a primeira atividade no computador é o envio de uma mensagem com destino a um leitor da marca Contrinex®. Numa fase inicial, a mensagem é trocada entre o computador e o μ controlador por RS232. O μ controlador, que está no seu modo de espera, recebe esta mensagem e interpreta-a. Identifica o início da mensagem (*Byte*: 0x0F), percebe que a proveniência da mensagem é o computador (*Byte*: 0xFA), o destino da mensagem é o leitor Contrinex® com endereço físico 0x05 e são recebidos os restantes *bytes* até ser recebido o *byte* 0xF0, dando-se por terminada a receção de dados. Após as devidas verificações, incluindo o cálculo do *byte* de deteção de erro de transmissão de dados, que é comparado com o recebido na mensagem, o μ controlador prossegue com o envio da mensagem para o leitor pretendido. Para estes leitores da marca Contrinex®, a estrutura de mensagem esperada é a mesma da estrutura de mensagem de troca entre o computador e o μ controlador, não sendo, por isso, necessária nenhuma seleção de

bytes da mensagem inicial. Tal como esta é recebida no μ controlador é reencaminhada, via RS485, para o respetivo leitor Contrinex®. Após o envio da mensagem para o leitor, o μ controlador aguarda pela receção de dados provenientes do leitor. Depois de iniciada a receção de dados via RS485, são efetuadas as habituais verificações, incluindo a verificação do *byte* de deteção de erro de transmissão de dados e prossegue-se com o reencaminhamento da mensagem para o computador via RS232. Mais uma vez não se procedeu à manipulação da mensagem, já que a mensagem proveniente do leitor respeita a estrutura de mensagem proposta. Esta estrutura de mensagem também permite que haja uma interpretação por parte do computador (aplicação nele existente), visto que através dos *bytes* de proveniência e destino, verifica se a mensagem que foi inicialmente enviada, foi corretamente respondida, ou pelo menos tem a possibilidade de poder confirmar se a mensagem provem do leitor inicialmente escolhido.

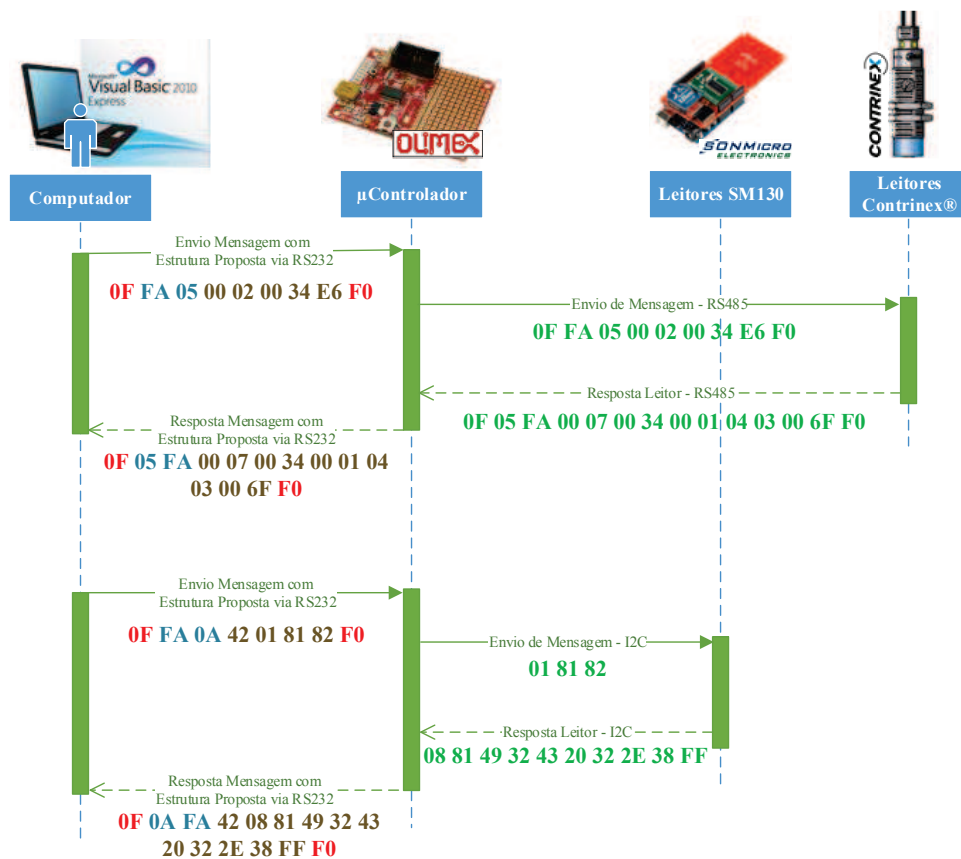


Figura 4.11: Diagrama de Sequência de Troca de Mensagens

Na Figura 4.11, a segunda atividade no computador é o envio de uma mensagem com destino a um módulo da Sparkfun SM130. Numa fase inicial, a mensagem é trocada entre o computador e o μ controlador por RS232, e tal como na primeira atividade, a mensagem respeita a estrutura proposta. O μ controlador recebe a mensagem *byte* a *byte* e dá-se início à sua interpretação. Como o *byte* de destino é 0x0A, significa que a mensagem destina-se aos módulos da Sparkfun SM130. Esta identificação do destino da mensagem é importante, não só para saber a família de leitores à qual se destina

a mensagem, mas também para efetuar a interpretação dos restantes *bytes* presentes na mensagem (a castanho), pois algures na mensagem existe um *byte* de tamanho da mensagem que é crucial para a correta receção de dados no μ controlador. Daí a importância de saber qual o leitor de destino, pois dependendo da marca, o tamanho da mensagem é representado de diferente maneira na mensagem. Por exemplo, nos leitores da marca Contrinex®, o tamanho da mensagem é representado por dois *bytes*, enquanto que nos módulos SM130 é representado por um *byte*. Depois da receção do *byte* 0xF0, dá-se por terminada a receção de *bytes* para esta mensagem. Como o destino da mensagem é um módulo SM130, a mensagem acabada de receber tem que ser manipulada antes de ser reenviada para o módulo. O primeiro *byte* da zona castanha da mensagem enviada do computador para o μ controlador é o endereço de *Slave* I2C do módulo ao qual se destina a mensagem (0x42). Na fase inicial da comunicação I2C é dada então a informação do endereço de *Slave* do dispositivo presente no barramento I2C com o qual se pretende estabelecer comunicação. De seguida envia-se a restante mensagem presente na Figura 4.11 (conjunto de três *bytes* - comando para informações de *Firmware*) e rapidamente há uma resposta por parte no módulo RFID. A mensagem recebida no μ controlador proveniente do módulo é constituída por dez *bytes*, sendo necessária uma manipulação antes do envio para o computador. O que acontece, especificamente, é que a mensagem proveniente do módulo RFID é incluída na estrutura de mensagem proposta. A mensagem pronta a ser enviada do μ controlador para o computador, pode ser observada na Figura 4.11, sendo esta enviada via RS232. Finalmente há a receção de *bytes* no computador, havendo sempre as habituais verificações antes da validação da mensagem.

4.5.1 Processamento de Dados

Nos fluxogramas apresentados de seguida é detalhado o modo como é efetuado o processamento de dados ao nível do μ controlador. Como é habitual num μ controlador, na sua inicialização são efetuadas algumas configurações essenciais ao seu correto funcionamento, tais como: configurações de relógio (*clock*), portas (digitais/analógicas e *input/output*), módulos de comunicação e interrupções - Figura 4.12. Depois disto, o μ controlador está pronto a efetuar todas as funções que lhe são sujeitas. Todo o seu funcionamento ocorre à base de interrupções, sendo utilizadas as interrupções de receção de *bytes* na EUSART1 e na EUSART2.

Tudo começa com a receção de *bytes* vindos do computador (EUSART1). Cada *byte* recebido é guardado num *array* destinado à receção de *bytes*, sendo cada um sujeito a verificações. Caso o *byte* seja o previsto, o μ controlador volta ao seu modo de espera, estando preparado para a receção de mais *bytes*. Caso contrário, é detetado um erro na mensagem e o *array* de receção de *bytes* é limpo. Chegado à receção do terceiro *byte* (destino da mensagem), é verificado a que família de leitores se destina a mensagem (leitores Contrinex® ou Sparkfun SM130). Este *byte* é muito importante pois os próximos *bytes* a receber são dependentes da marca do leitor de RFID.

Caso o destino da mensagem seja um leitor da Contrinex®, os próximos dois *bytes* a receber são referentes ao tamanho da mensagem. Esta informação é essencial para a correta receção de dados, pois assim é possível efetuar um controlo de *bytes* a receber. Chegando ao último *byte* efetua-se a verificação de final de mensagem. Caso se confirme o *byte* 0xF0, o programa prossegue com o cálculo do algoritmo de controlo

de erro na transmissão de mensagem - CRC8. Se o CRC8 calculado for coincidente com o que consta na mensagem recebida vinda do computador, resta ao μ controlador enviar os dados para o leitor da Contrinex[®] com endereço especificado na mensagem, através da EUSART2 do μ controlador (comunicação RS485) - Figura 4.12. Depois disto, o μ controlador volta ao seu modo de espera, sendo prevista a receção de dados provenientes do leitor para o qual se enviou a mensagem.

Os dados provenientes dos leitores Contrinex[®] são transmitidos via RS485 para o μ controlador, sendo recebidos na porta EUSART2. As mensagens são recebidas *byte a byte*, sendo a interrupção da EUSART2 ativada a cada *byte* recebido (Figura 4.14). São efetuadas as habituais verificações iniciais mensagem recebida, sendo verificado o *byte* de início de mensagem (0x0F), o *byte* de proveniência da mensagem (identificativo do leitor) e o *byte* de destino da mensagem (Computador: 0xFA). Caso não se verifique o previsto é considerado a ocorrência de um erro na receção de dados e o *array* de receção de *bytes* é limpo. Os dois próximos *bytes* a receber são referentes ao tamanho da mensagem, sendo o número de *bytes* a receber controlados a partir daqui. É verificado o *byte* de fim de mensagem (0xF0) e caso se verifique, prossegue-se com o cálculo do CRC8. Caso seja coincidente com o presente na mensagem, a mensagem segue destino (Computador) pela porta EUSART1 do μ controlador, via RS232. Esta mensagem não necessita de manipulação pois encontra-se com a estrutura de mensagem proposta para o sistema. Depois de enviada, o μ controlador volta ao seu modo de espera, estando pronto para qualquer nova receção de dados.

A Figura 4.13 pretende descrever o modo como o μ controlador processa os dados quando são recebidos *bytes* provenientes do computador com destino aos módulos Sparkfun SM130. Como já foi referido, até à receção do *byte* de destino são efetuadas as habituais verificações, sendo distinguido o processamento após saber o destino da mensagem. Para o caso do destino da mensagem ser os módulos Sparkfun SM130, ou seja, o endereço 0x0A (identificativo do barramento I2C), o *byte* a receber, após o *byte* de destino, é o *byte* com o endereço de *Slave* do módulo ao qual se pretende enviar a mensagem. Esta informação é guardada para posteriormente ser utilizada na transmissão de dados I2C. De seguida é recebido o *byte* de tamanho de mensagem, sendo possível agora efetuar um controlo sobre a quantidade de *bytes* a receber. Chegado ao *byte* de fim de mensagem (0xF0), o μ controlador efetua uma manipulação de dados retirando da mensagem recebida (estrutura proposta) a parte da mensagem que o módulo pode interpretar. Tendo o *array* os dados selecionados para envio para o módulo é efetuado o cálculo do algoritmo de controlo de erro na transmissão de mensagem - *Checksum*. Caso se verifique que o *Checksum* calculado é igual ao presente na mensagem prossegue-se com a transmissão de dados por I2C para o módulo Sparkfun SM130, através da porta MSSP do μ controlador. Após o envio são recebidos os dados de resposta provenientes do módulo RFID (espera entre 5 a 10 milissegundos). Foi desenvolvida uma função de I2C para comunicação com os módulos SM130 com base no exemplo cedido pelo fabricante do módulo [59] e com base em algumas configurações específicas para este tipo de comunicação (módulo MSSP) para o μ controlador [51; 60]. Para que a mensagem possa ser devolvida ao computador, o μ controlador prossegue com a passagem da mensagem recebida do módulo para a estrutura proposta de mensagem. Finalmente, é enviada através da porta de comunicação EUSART1 do μ controlador, via RS232, para o computador, sendo efetuado novamente um controlo de erro de transmissão de dados aquando da sua completa receção no computador.

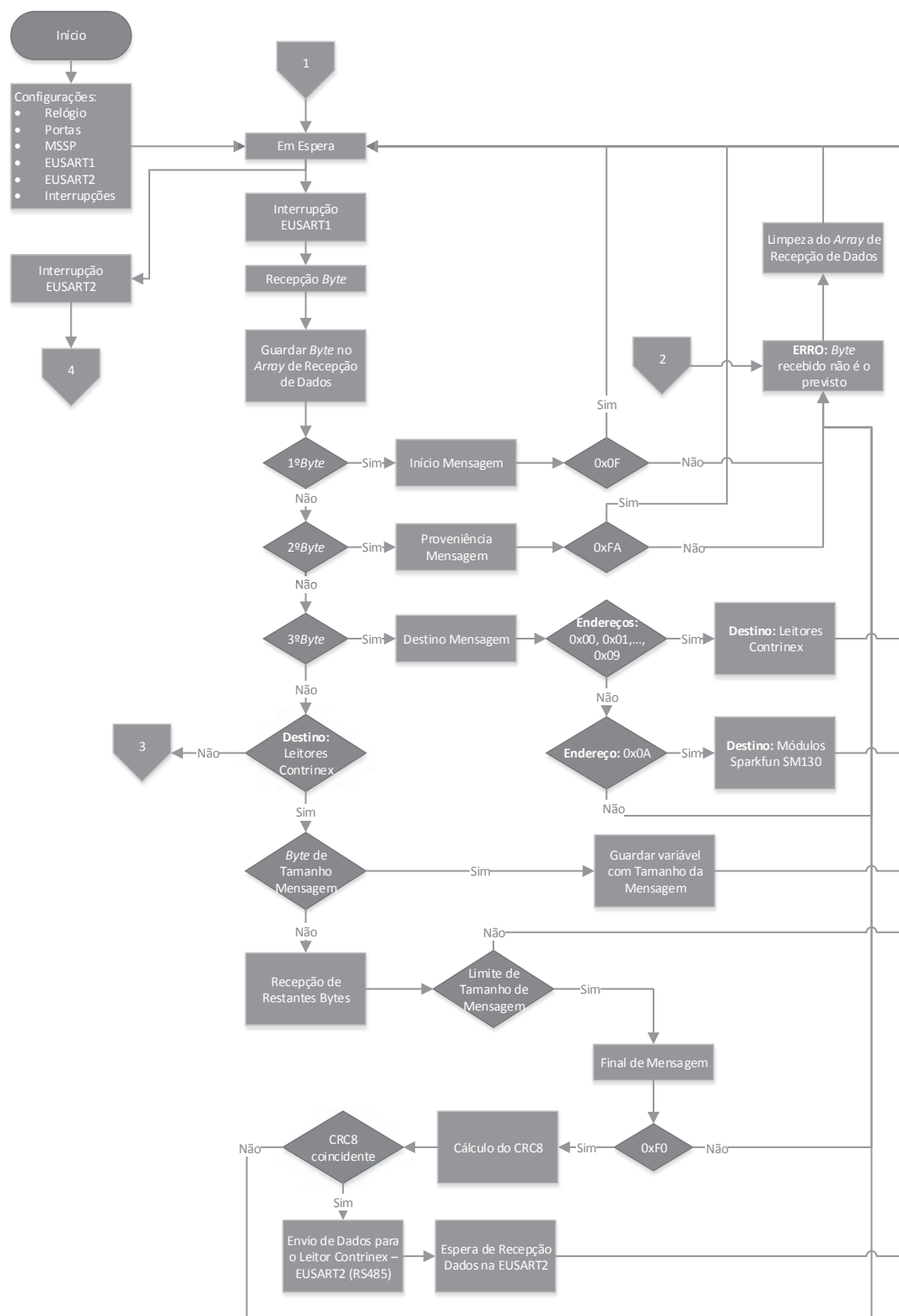


Figura 4.12: Fluxograma de Processamento do μ controlador: recepção de dados na EUSART1 (mensagem com destino Leitores Contrinex)

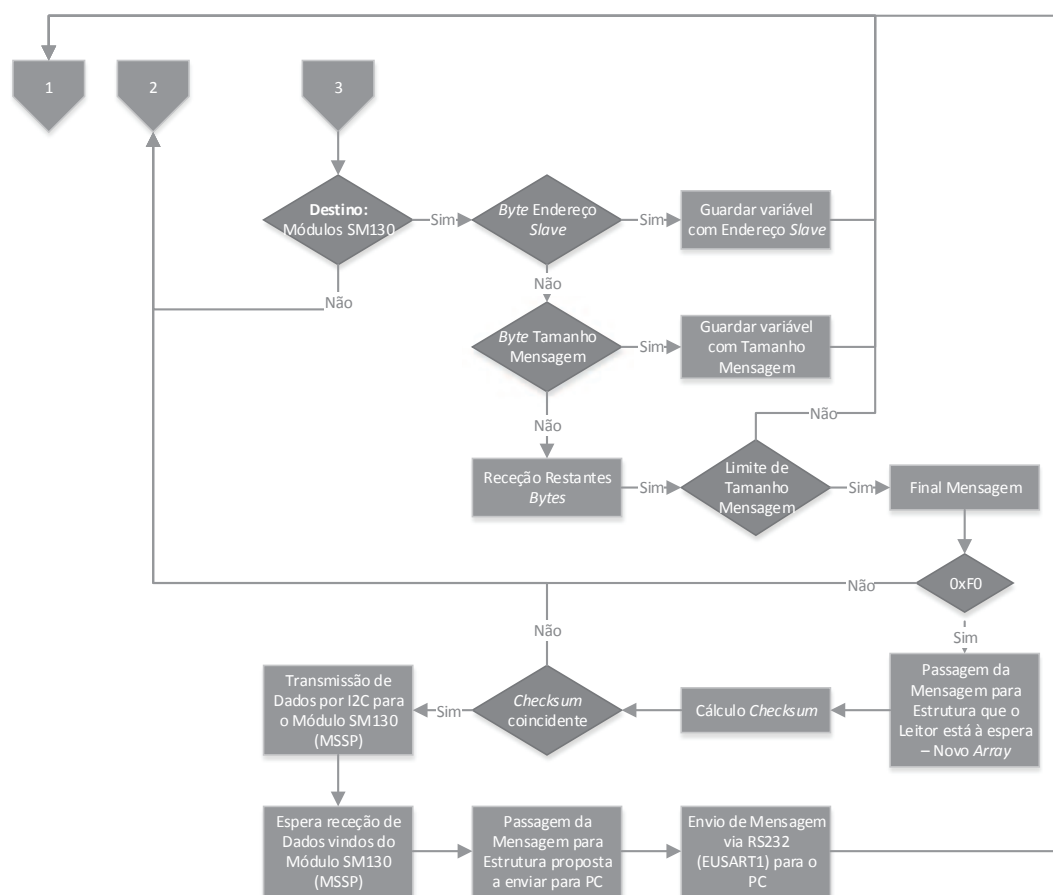


Figura 4.13: Fluxograma de Processamento do μ controlador: receção de dados na EUSART1 (mensagem com destino Módulos Sparkfun SM130)

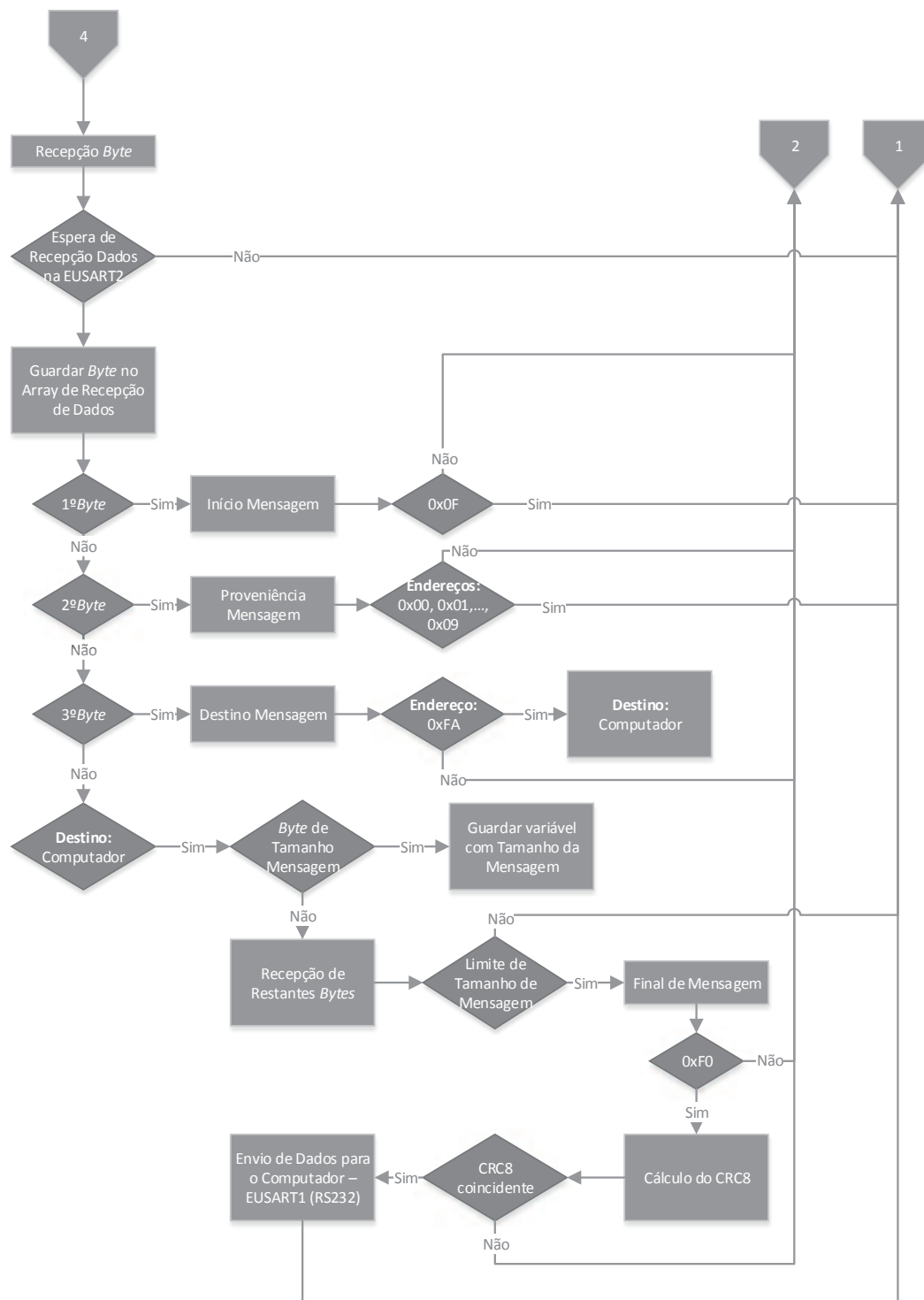


Figura 4.14: Fluxograma de Processamento do μ controlador: recepção de dados na EUSART2

4.6 Interface Gráfica: Microsoft Visual Studio 2012®

Para elaborar a interface gráfica (aplicação) da implementação utilizou-se o programa da Microsoft®, o *Visual Studio 2012*, utilizando a linguagem "vb"(Visual Basic). Esta linguagem é familiar para estudantes deste curso, pois foi abordada numa disciplina lecionada anteriormente. Permite criar ambientes gráficos com várias janelas com ações associadas ao *click* de botões presentes na janela. É de fácil aprendizagem e disponibiliza um grande leque de funções incluindo a importante comunicação série e a ligação à BD.

Relativamente ao trabalho efetuado na interface gráfica, o principal objetivo, inicialmente, foi criar um janela para controlo individual dos vários leitores existentes na implementação prática, onde o principal objetivo era detetar, ler e escrever nas TAGs. Mais tarde, e depois do controlo individual dos leitores estar a funcionar, foi pensado num modo automático onde se demonstra a aplicação da solução proposta num caso mais real, onde são imaginados o controlo de entradas e saídas da empresa, o controlo das linhas de produção, etc. Depois disto, ainda foi elaborada a BD, que através da execução da aplicação desenvolvida para o modo automático, vai sendo atualizada. Na aplicação de interface gráfica ainda foi incluído um módulo para pesquisa de registos na BD.

Na Figura 4.15 é possível observar o aspeto geral da aplicação desenvolvida, nomeadamente algumas janelas da aplicação.



Figura 4.15: Aspeto Geral da Interface Gráfica (Aplicação) desenvolvida

A explicação detalhada da aplicação desenvolvida encontra-se no Apêndice desta Dissertação, mais propriamente, na secção D, no entanto os principais menus são apresentados sob a forma de tópicos para que seja possível perceber a sua organização geral:

- **Comunicação:** neste menu é possível aceder às propriedades da comunicação série. Pode-se terminar a ligação, alterar os seus parâmetros de funcionamento e

voltar a estabelecer a comunicação série;

- **Modo:** este menu é o mais relacionado com a atuação, ou seja, o controlo de dispositivos RFID. Existem os modos *Manual* e *Automático*;
 - **Manual:** este modo permite que sejam enviados comandos individuais para o leitor pretendido, segundo a intenção do utilizador. Estão disponíveis a maioria dos comandos listados pelas respetivas marcas;
 - * **Spakfun SM130:** atuação dos módulos RFID Sparkfun SM130;
 - * **CONTRINEX:** atuação dos leitores RFID Contrinex®;
 - **Automático:** este modo foi elaborado com o objetivo de recriar situações reais da aplicabilidade de sistemas de RFID na rastreabilidade industrial, tendo também em conta, a sua integração em empresas já com sistemas de rastreabilidade instalados. Nas várias situações recriadas são efetuados registos na BD, garantindo a correta rastreabilidade dos produtos;
 - * **Controlo de Entradas e Saídas:** são detetados os objetos aquando a sua passagem pelo leitor, efetuando-se o seu registo de passagem. Quando há uma passagem de um objeto no leitor de entrada é efetuado o registo de entrada na BD. Relativamente à saída de objetos, o processo é tratado de igual forma, sendo efetuado o registo de saída na BD;
 - * **Associar TAG interna:** são associadas TAGs internas aos objetos, caso surjam situações em que os produtos que chegam à empresa possuam TAGs não compatíveis com a marca de dispositivos RFID presentes na empresa. Evita-se a quebra de rastreabilidade do produto, colocando-se à entrada leitores RFID compatíveis com as TAGs acabadas de entrar, permitindo o registo da entrada do objeto na empresa. De seguida são associadas TAGs internas (compatíveis com os restantes leitores RFID presentes na empresa) aos objetos acabados de chegar para que se possa continuar com rastreabilidade do produto. O início e o fim da associação é registada na BD;
 - * **Controlo Linha Produção:** são registadas todas as passagens na linha de produção da empresa. Cada posto tem um leitor de RFID que foi previamente identificado e descrito (descrição da tarefa efetuada nesse posto). Quando é detetada a passagem de um produto no leitor, já se sabe qual a tarefa efetuada no objeto e é efetuado o seu registo. Pode acontecer que numa linha de produção seja necessário fazer a montagem de um objeto noutro, por isso é possível fazer esse registo de agregação de objetos nesta mesma janela;
 - * **Agregação Objetos:** é registada a inclusão de um objeto noutro. Destinado ao registo de montagem de objetos ou à embalagem de produtos. No caso de embalagem de produtos, refere-se principalmente aos casos em que os produtos são colocados numa paleta para transporte. Através deste modo de agregação é possível fazer o registo de quando os produtos são colocados ou retirados duma paleta. No caso da paleta, este objeto seria possuidor de uma TAG e seria designado de Objeto-Pai. Os objetos que seriam colocados dentro da paleta também seriam possuidores de uma TAG e seriam designados de Objetos-Filho. A principal

função desta janela não é o registo de montagem de objetos visto que a agregação de objetos está incluída também na janela de controlo da linha de produção;

- * **Configurar Nova TAG:** destina-se essencialmente ao início da rastreabilidade de um produto. Quando se pretender iniciar a rastreabilidade de um produto é necessário atribuir uma nova TAG para que a rastreabilidade seja garantida ao longo da cadeia de fornecimento. A configuração da nova TAG guarda os dados identificativos do objeto na sua memória - *ID Objeto*, *ID Empresa* criadora do objeto e *Data/Hora* da sua criação e além disso faz o registo do novo objeto na BD;
- **Base Dados:** menu destinado à consulta da BD e criação de novos registos (dados estáticos).

– Consulta

- * **Dados Estáticos:** são permitidas consultas de registos de dados estáticos tais como registos de Objetos, Leitores, Empresas e seus Locais internos.
- * **Dados Dinâmicos:** são permitidas consultas de registos de dados dinâmicos;
 - **Entradas e Saídas:** são permitidas consultas de registos de entradas e saídas de produtos das empresas. Há a possibilidade de escolha de qual o *ID* do objeto, *ID* da empresa e intervalos de data a procurar nos registos. Ainda é possível fazer pesquisas de objetos só com registo de entrada (objeto dentro da empresa) ou objetos que já tenham entrado e saído da empresa;
 - **Registo Produção:** são permitidas consultas de registos de produção através do *ID* do objeto, *ID* da empresa, *ID* do leitor e/ou *ID* do local do registo. Ainda se pode refinar a pesquisa através da inclusão do intervalo da data de registo de produção;
 - **Agregação Objetos:** são permitidas consultas de registos de agregação de objetos através do *ID* do Objeto-Pai, *ID* do Objeto-Filho e/ou tipo de agregação (agregação/desagregação). Ainda se pode refinar a pesquisa através da inclusão do intervalo da data de registo da (des)agregação.
 - **Associação de TAGs internas:** são permitidas consultas de registos de associação de TAGs através do *ID* do objeto, *serial number* da TAG interna e/ou intervalo de data de registo. Ainda é possível fazer pesquisas de associações de TAGs cujo objeto só tem registo de início de associação ou associações de TAGs cujo objeto tem registo de início e fim de associação.
- **Nova Empresa:** permite que sejam criados registos de novas empresas na BD;
- **Novo Local:** permite que sejam criados registos de novos locais na BD;
- **Novo Leitor:** permite que sejam criados registos de novos leitores na BD;

4.7 Base de Dados: MySQL®

O MySQL® é um Sistema Gestor de Bases de Dados (SGBD), mais propriamente, uma aplicação informática que fornece a interface entre os dados que são armazenados fisicamente na BD e o utilizador (pessoa ou aplicação) desses dados. Neste caso, a aplicação elaborada em Visual Basic®, para aceder à BD propriamente dita, pede esse serviço a um SGBD, que neste caso é o programa MySQL®.

No programa MySQL Workbench® foi criada a BD propriamente dita, sendo criadas todas as entidades com os seus atributos correspondentes, já referidas na secção 3.5 do Capítulo Solução, mais propriamente na Figura 3.12.

Na criação das entidades foram indicados quais os seus atributos e especificado qual a chave-primária de cada uma. Além disso, para cada atributo foi indicado qual o tipo de variável. De salientar que no SGBD só foram definidas chaves-primárias, não havendo portanto chaves-estrangeiras identificadas nesta fase, apesar delas existirem. Uma chave-estrangeira estabelece a relação entre a sua entidade e a chave-primária de outra entidade. Estas relações entre as entidades foram realizadas ao nível de linguagem SQL na aplicação desenvolvida em *Visual Basic*, mais propriamente nas *queries* de consulta à BD.

4.7.1 Linguagem SQL: principais comandos utilizados

Como já foi referido foram utilizados comandos em linguagem SQL para a comunicação entre a aplicação desenvolvida em *Visual Basic* e o SGBD MySQL. Estes foram utilizados para pesquisa de dados e também para inserção de novos registos (linhas) nas várias entidades presentes na BD.

4.7.1.1 Inserir Dados

Para a introdução de novos registos na BD é apresentado a *query* com o comando *INSERT*. A sua estrutura pode ser observada no comando apresentado de seguida.

Com o comando apresentado, introduziram-se novos registos na entidade *objeto*. Neste caso, a todos os atributos da entidade foram atribuídos valores de variáveis presentes no código *vb*.

```
INSERT INTO objeto (id_objeto , id_fabricante , tipo_objeto , descricao_objeto ,
data_hora_criacao , serial_n_tag)
VALUES ( ' ' & id_objeto & " ', ' " & id_empresa & " ', ' " & tipo_objeto & " ', ' " &
descricao_objeto & " ', ' " & data_hora & " ', ' " & serial_n_tag & " ' )
```

No âmbito de inserção de dados, este foi o comando utilizado, sendo este suficiente para cumprir com todos os requisitos.

4.7.1.2 Pesquisa de Dados

Para a pesquisa de dados, o comando apresentado de seguida é o mais simples de ser utilizado. Destina-se à seleção de todos os registos, neste caso em particular, à seleção dos registos presentes na coluna *id_objeto* da tabela *objeto*. Este comando foi bastante utilizado para a inicialização de janelas da aplicação desenvolvida, com vista

à atualização dos itens presentes nas várias *Combo Box* para posterior seleção por parte do utilizador.

```
SELECT id_objeto  
FROM objeto
```

O comando apresentado de seguida é novamente um exemplo de um comando de seleção mas é acrescentada uma condição (*WHERE*). Neste caso, a condição é uma ligação entre as duas entidades *objeto* e *empresa*, que resulta na junção das duas tabelas, uma ao lado da outra. À tarefa de juntar várias tabelas dá-se o nome de *Join*, no entanto, para o exemplo apresentado, está-se perante um *Inner-Join*, pois são apresentados os registos em que existe ligação entre as tabelas. Neste exemplo, os elementos de ligação são a chave-primária da entidade *empresa* (*id_fabricante*) e a chave-estrangeira da entidade *objeto* (*id_objeto*).

```
SELECT *  
FROM objeto , empresa  
WHERE id_objeto = ' ' & cbox_id_objeto.Text & ' '  
      AND id_fabricante=id_empresa
```

Também foi utilizado um outro tipo de condição para a seleção de dados - a comparação de *strings* - comando *LIKE*. No exemplo apresentado de seguida, trata-se de uma pesquisa de todos os registos presentes na entidade *objeto* mas no entanto, os dados relativos ao atributo *id_objeto* têm que conter a *string* "PRD" no seu início. O símbolo "%" na frente da *string* de comparação significa que é indiferente qualquer conjunto de zero ou mais caracteres. Este comando foi utilizado para a verificação do último *ID* de objeto, mais propriamente o último registo de produto individual, para que pudesse ser sugerido um *ID* para o novo objeto sem repetições e seguindo a sequência de numeração. Para além da verificação de *IDs* para produtos individuais, também foram efetuadas verificações para paletes (alteração da *string* de comparação para 'PLT%') e para embalagens (alteração da *string* de comparação para 'EMB%').

```
SELECT * FROM objeto WHERE id_objeto LIKE 'PRD%'
```

No comando apresentado de seguida é possível observar a extensão que um comando SQL pode atingir. Está-se perante uma união de seleções - comando *UNION*. Este comando permite juntar o conteúdo de dois ou mais comandos *SELECT*, sendo o resultado da segunda seleção acrescentado ao da primeira seleção, aumentando o número de linhas do resultado. No entanto, o nome das colunas apresentado no resultado é o nome das colunas selecionadas na primeira seleção.

Cada comando *SELECT* pode conter a sua própria cláusula *WHERE*, no entanto, só poderá existir uma única cláusula *ORDER BY* no último *SELECT*, sendo a ordenação aplicada a todo o resultado [47].

O comando apresentado é especificamente para a seleção de dados de entrada e saída dos objetos nas empresas. Basicamente os registos de entrada e saída são unidos, sendo o resultado final ordenado por data e hora do registo de entrada/saída. É possível observar alguns *Inner-Join* e uma cláusula de intervalo de valores - comando *BETWEEN* para as datas de entrada e saída. No final do comando saliento ainda a presença do comando para ordenação dos resultados por data e hora de entrada/saída da empresa. Depois de ter o resultado do comando SQL, estes dados são processados e apresentados ao utilizador principalmente sob a forma de tabela.

```

SELECT id_entrada_empresa, data_hora_entrada, id_objeto_rp, id_leitor_rp,
       id_empresa_lc
FROM entrada_empresa, registo_passagem_objeto, leitor, local
WHERE id_registo_passagem_objeto_ee = id_registo_passagem_objeto
      AND (data_hora_entrada BETWEEN ' ' & data_hora_pesquisa_min & ' '
            AND ' ' & data_hora_pesquisa_max & ' ')
      AND id_leitor_rp = id_leitor
      AND id_local_lt = id_local
      AND id_objeto_rp = ' ' & cbox_id_objeto.Text & ' '
UNION
SELECT id_saida_empresa, data_hora_saida, id_objeto_rp, id_leitor_rp,
       id_empresa_lc
FROM saida_empresa, registo_passagem_objeto, leitor, local
WHERE id_registo_passagem_objeto_se = id_registo_passagem_objeto
      AND (data_hora_saida BETWEEN ' ' & data_hora_pesquisa_min & ' '
            AND ' ' & data_hora_pesquisa_max & ' ')
      AND id_leitor_rp = id_leitor
      AND id_local_lt = id_local
      AND id_objeto_rp = ' ' & cbox_id_objeto.Text & ' '
ORDER BY data_hora_entrada

```

No caso apresentado de seguida está-se perante uma *Subquery*. Consiste na utilização de um comando de seleção dentro de outro. No exemplo são utilizados dois comandos *SELECT* dentro do primeiro. Este comando foi utilizado na aplicação, mais propriamente na janela de agregação de objetos, com o objetivo de saber qual o estado de agregação dos objetos previamente selecionados (Objeto-Pai e Objeto-Filho) e recorreu-se à sua utilização porque as entidades *registo_objeto_pai* e *registo_objeto_filho* possuem ambas uma ligação com a entidade *registo_passagem_objeto*, daí a obrigatoriedade de utilizar uma seleção (*Inner-Join*) para a ligação entre as entidades *registo_objeto_pai* e *registo_passagem_objeto*, e outra seleção (novamente um *Inner-Join*) para a ligação entre as entidades *registo_objeto_filho* e *registo_passagem_objeto*.

```

SELECT tipo_agregar
FROM agregacao_objetos, registo_objeto_pai, registo_objeto_filho
WHERE id_registo_objeto_pai_ag=id_registo_objeto_pai
      AND id_registo_passagem_objeto_pai=
        (SELECT id_registo_passagem_objeto_pai
         FROM registo_objeto_pai, registo_passagem_objeto
         WHERE id_registo_objeto_pai_ag=id_registo_objeto_pai
              AND id_registo_passagem_objeto_pai=id_registo_passagem_objeto
              AND id_objeto_rp=' ' & id_objeto_pai & ' ')
      AND id_registo_passagem_objeto_filho=
        (SELECT id_registo_passagem_objeto_filho
         FROM registo_objeto_filho, registo_passagem_objeto
         WHERE id_registo_objeto_filho_ag=id_registo_objeto_filho
              AND id_registo_passagem_objeto_filho=
                id_registo_passagem_objeto
              AND id_objeto_rp=' ' & id_objeto_filho & ' ')
ORDER BY id_agregacao_objetos

```


Capítulo 5

Conclusão e Trabalhos Futuros

A incompatibilidade entre sistemas de rastreabilidade nos vários parceiros da cadeia de fornecimento exige que sejam integrados novos sistemas nas empresas. No entanto, existem alguns entraves, nomeadamente a dificuldade de integração e os custos acrescidos que pode trazer para uma empresa.

É importante que uma empresa que esteja incluída numa cadeia de fornecimento, juntamente com outros parceiros possa contribuir e beneficiar da rastreabilidade dos produtos, daí o ênfase na integração de sistemas de rastreabilidade. Após algumas pesquisas em tecnologias associadas à rastreabilidade de produtos, percebeu-se que a tecnologia em ascensão é o RFID. O CB continua a ser muito utilizado em superfícies comerciais, no entanto para rastreabilidade industrial apresenta algumas desvantagens que faz com que o RFID já tenha sido implementado em algumas empresas.

O RFID continua a ser alvo de estudos estando constantemente em evolução, o que pode trazer consequências negativas no ponto de vista de compatibilidades de sistemas. Esta tecnologia resume-se a uma interação entre um leitor e uma TAG que, especificamente na rastreabilidade é colocada nos produtos, contendo na maioria dos casos, centenas de *bytes* de memória, o que em certas aplicações traz muitas vantagens. Além disso, a identificação da TAG efetuada pelo leitor, não exige contacto (distâncias de leituras dependentes das frequências dos dispositivos) e não exige que entre o leitor e a TAG seja estabelecido um contacto visual. Comparativamente ao CB, o RFID é mais robusto e mais resistente a fatores externos, incluindo à poeira e sujidades, muito comum em linhas de produção na indústria. Atualmente o RFID possui algoritmos de anticolisão que possibilita a deteção de múltiplas TAGs ao alcance do campo RF do leitor.

A implementação de um sistema de rastreabilidade utilizando a tecnologia RFID numa empresa não necessitaria de uma segunda avaliação, caso não existissem demasiadas frequências de funcionamento (algumas frequências não são aceites em alguns pontos do mundo), diferentes tipos de TAGs e diferentes Normas de interação entre o leitor e a TAG (dependendo da frequência do campo RF e do tipo de acoplamento). Além disso ainda existem alguns produtores e construtores de dispositivos RFID que criam as suas próprias patentes, sendo incompatíveis com os restantes elementos RFID presentes no mercado. Com vista à rastreabilidade industrial com a tecnologia RFID a EPCglobal criou várias Normas para diferentes frequências, mas a Norma mais atualizada e utilizada é a *EPC UHF Class 1 Generation 2* (860 MHz - 930 MHz). A organização apresenta uma solução interessante para a rastreabilidade de produtos e a partilha de dados entre

as empresas, mas no entanto exige que todos os equipamentos de rastreabilidade sejam compatíveis com a sua Norma. Não é dada nenhuma solução relativamente à integração de novos sistemas de rastreabilidade em sistemas existentes, nem relativamente à incompatibilidade entre sistemas.

Como solução à problemática da dificuldade de integração de sistemas de rastreabilidade foi sugerida a criação de uma camada intermédia (*Middleware*) numa unidade de processamento (UP), que conjuntamente com uma estrutura de mensagem proposta, permite que sejam integrados dispositivos de rastreabilidade mais facilmente. É evidente que dependendo das marcas a integrar, o código desenvolvido tem que ser atualizado. No entanto através do conteúdo da estrutura de mensagem proposta, mais propriamente, o *byte* de destino da mensagem, é possível criar diferentes secções de código para cada marca de dispositivos. Assim é possível que, a partir de níveis superiores (unidade de interação com o utilizador - computador com aplicação de rastreabilidade), sejam controlados todos os dispositivos de rastreabilidade independentemente da marca, bastando para isso respeitar a estrutura de mensagem proposta. Quanto à proposta de organização de dados nas TAGs foi sugerido que fossem guardados unicamente três dados importantes, sendo necessário três *blocos* de memória da TAG - ID Objeto, ID Empresa e Data e Hora de criação da TAG. Estes dados são suficientes para identificar o produto, e a partir destes conseguir aceder aos restantes dados relacionados com o produto identificado, na BD. De notar que a aplicação pensada para as TAGs, nesta dissertação, é a rastreabilidade industrial sendo suficiente a utilização de unicamente três *blocos* de dados, no entanto para aplicação em controlo de produção (ordens de maquinagem, pintura, furação, etc) seriam necessários maior quantidade de *blocos* de dados. O estudo da BD para rastreabilidade baseou-se em alguns modelos presentes em algumas publicações científicas, procedendo-se a algumas modificações e sua normalização.

Especificamente para a resolução do problema da incompatibilidade de sistemas de RFID foi estudada a elaboração duma aplicação (interface com o utilizador) que, através de uma janela de associação de TAGs internas, permitisse que produtos que chegassem à empresa não compatíveis com os dispositivos RFID presentes na linha de produção, pudessem continuar a ser alvo de rastreabilidade. Nesta janela interage-se com duas marcas de dispositivos RFID onde um leitor identifica o produto chegado à empresa e de seguida, o outro leitor lê uma TAG interna e associa-a a esse produto na BD. A TAG interna é colocada no produto possibilitando a continuação da sua rastreabilidade na linha de produção por onde circula. No final do ciclo do produto na empresa é retirada a TAG interna, sendo reutilizável para uma nova associação de um novo produto.

Na implementação desta dissertação, integram-se dois sistemas de RFID das marcas Contrinex® (barramento RS485) e Sparkfun SM130 (barramento I2C). Usam a mesma frequência (13.56 MHz), no entanto são incompatíveis entre si, respeitando cada um Normas de interação entre o leitor e as TAGs diferentes (ISO15693 e ISO14443, respetivamente). Os dois sistemas de RFID são ligados à unidade de processamento (o μ controlador) que através da interpretação das mensagens provenientes de níveis superiores, tais como o computador, faz o processamento da mensagem e reencaminha para o dispositivo certo. A mensagem de resposta do dispositivo é devolvida ao computador (aplicação para interface com o utilizador) respeitando, novamente, a estrutura proposta.

A utilização destes dois tipos de leitores de RFID é meramente exemplificativa, visto

que este tipo de leitores com acoplamento indutivo não é o mais indicado para distâncias de leitura praticadas na rastreabilidade de produtos em cadeias de fornecimento, sendo os leitores com acoplamento do tipo *backscatter* mais indicados. Os leitores Sparkfun SM130 são indicados mais para controlos de acesso e ações monetárias, visto que as TAGs compatíveis (Mifare®) têm um alto nível de segurança, sendo necessária uma autenticação antes do acesso a qualquer *bloco* de dados da sua memória. Os leitores da Contrinex® são de aplicação industrial, destinados essencialmente ao controlo da linha de produção, estando por isso mais interligados com o tema da rastreabilidade.

Quanto à aplicação desenvolvida, esta pretende simular a aplicação dos leitores em situações de rastreabilidade. A aplicação tem uma parte denominada de *Manual*, que disponibiliza os comandos mais importantes de cada um dos dispositivos de RFID implementados, sendo estes enviados para o microcontrolador individualmente, e outra parte denominada de *Automática* que possui algumas janelas direcionadas mais para o contexto de rastreabilidade (controlo de entradas e saídas, associação de TAGs internas, controlo da produção, agregação de objetos e configuração de uma nova TAG), havendo um registo de todas as deteções de objetos nos leitores na BD. De salientar que na inicialização da aplicação desenvolvida, o utilizador necessita de efetuar o *login* com o *ID* da sua empresa e *password* de acesso (medida de segurança). Deste modo garante-se que todas as ações efetuadas futuramente serão guardadas tendo em conta o *login*. Está ainda presente na aplicação, uma secção para pesquisa de dados na BD, quer para os dados estáticos, quer para os dados dinâmicos.

De um modo geral a presente dissertação cumpriu com os seus objetivos, no entanto, de seguida são deixadas algumas ideias para trabalhos futuros.

5.1 Trabalhos Futuros

A aplicação desenvolvida apresenta, no entanto, algumas limitações no que toca ao funcionamento das várias janelas do modo *Automático* em paralelo. Numa situação real, os vários pontos de rastreabilidade teriam que funcionar ao mesmo tempo e não de forma individual como foi efetuado nesta dissertação. Como trabalho futuro, seria interessante que, numa só janela, se observassem todos os pontos de rastreabilidade da empresa, quer fossem pontos de controlo de entradas ou saídas, associação de TAGs, agregação de objetos ou controlo da linha de produção. Um outro pormenor a corrigir na aplicação é o método como se procede com a autenticação de dados quando se utilizam as TAGs Mifare®. O ideal seria, que aquando da criação do objeto (configuração de nova TAG), se efetuasse o registo do código de autenticação na BD, evitando que, cada vez que fosse identificada uma TAG desta marca, se efetuasse a sua autenticação manualmente, pois a aplicação encarregava-se de consultar o código de autenticação na BD. Uma outra limitação foi o reduzido número de leitores que foram utilizados na implementação, o que exigiu um trabalho extra ao nível da aplicação desenvolvida, nomeadamente na identificação dos leitores no início de cada janela do modo *Automático*. Se existissem leitores para cada janela sem repetição de endereços de dispositivo de RFID, não seria necessário identificar o leitor, pois atribuiria-se um endereço físico de leitor a cada ponto de rastreabilidade, não gerando confusões na BD.

Existe um pormenor importante no uso da tecnologia RFID que são as interferências no campo RF provocadas pelo material onde as TAGs são aplicadas, no entanto este

assunto não foi abordado nesta dissertação. No âmbito industrial, existem outras interferências geradas por outros equipamentos, que podem interferir não só com os sistemas RFID, mas também com outros dispositivos tais como μ controladores - unidade de processamento implementada nesta dissertação.

Apesar de considerar que a inclusão da aplicação de serviços *Web* tem um carácter fulcral nesta dissertação, a complexidade e alguns contratempos na implementação do tema em estudo não permitiu a sua realização. Pretendia-se através da Internet aceder a dados de rastreabilidade e efetuar algum controlo sobre os dispositivos de rastreabilidade.

Bibliografia

- [1] Simon Frederick Königs, Grischa Beier, Asmus Figge, and Rainer Stark. Traceability in systems engineering - review of industrial practices, state-of-the-art technologies and new research solutions. *Advanced Engineering Informatics*, 26(4):924 – 940, 2012.
- [2] Yong-Shin Kang and Yong-Han Lee. Development of generic RFID traceability services. *Computers in Industry*, 64(5):609 – 623, 2013.
- [3] Jack C.P. Cheng, Kincho H. Law, Hans Bjornsson, Albert Jones, and Ram Sriram. A service oriented framework for construction supply chain integration. *Automation in Construction*, 19(2):245 – 260, 2010.
- [4] Jianxun Liu, Shensheng Zhang, and Jinming Hu. A case study of an inter-enterprise workflow-supported supply chain management system. *Information & Management*, 42(3):441 – 454, 2005.
- [5] Xiaowei Zhu, Samar K. Mukhopadhyay, and Hisashi Kurata. A review of RFID technology and its managerial applications in different industries. *Journal of Engineering and Technology Management*, 29(1):152 – 167, 2012.
- [6] António Jorge Laranjeira Rei. RFID versus Código de Barras, da Produção à Grande Distribuição. Master's thesis, Universidade do Porto, 2010. Tese de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [7] I. Töyrylä. *Realising the Potential of Traceability: A Case Study Research on Usage and Impacts of Product Traceability*. Acta polytechnica Scandinavica. Finnish Academy of Technology, 1999.
- [8] Bjorn Kvarnstrom and Pejman Oghazi. Methods for traceability in continuous processes - Experience from an iron ore refinement process. *Minerals Engineering*, 21(10):720 – 730, 2008.
- [9] P.H. Ketikidis, S.C.L. Koh, N. Dimitriadis, A. Gunasekaran, and M. Kehajova. The use of information systems for logistics and supply chain management in South East Europe: Current status and future direction. *Omega*, 36(4):592 – 599, 2008.
- [10] Sunil Chopra and Peter Meindl. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Prentice-Hall, Inc., 2001.
- [11] Marcos Gaspar Carreira and GS1 Portugal CODIPOR. Seminário GS1 Portugal. Online: <http://media.gs1pt.org/ficheiros/411/Normas2012>. Consultado em 16/10/2013.

- [12] Bullwhip Effect. Online: http://en.wikipedia.org/wiki/Bullwhip_effect, 2013. Consultado em 14/10/2013.
- [13] GS1 Portugal CODIPOR. Sistema de Normas da GS1 - a Linguagem Global dos Negócios. Online: http://media.gs1pt.org/ficheiros/270/brochura_tecnico_comercial-17-03-10.pdf, 2010. Consultado em 16/10/2013.
- [14] GS1 Portugal CODIPOR. Norma Global para a Rastreabilidade: a base para a visibilidade, qualidade e segurança na cadeia de valor. Online: http://media.gs1pt.org/ficheiros/159/doc_29_gs1_rastreabilidade.pdf, 2008. Consultado em 16/10/2013.
- [15] MakeWise. Produção Industrial - Ferramentas de apoio à gestão industrial. Online: www.makewise.pt, 2006. Consultado em 06/03/2013.
- [16] PHC. Solução para Indústria e Produção - Integre e supervisione a produção com flexibilidade - Controlo de produção industrial completo. Online: <http://www.phc.pt>, 2013. Consultado em 06/03/2013.
- [17] INTERMEC. Online: <http://www.intermec.co.uk/>, 2013. Consultado em 06/03/2013.
- [18] CRIAVISION - Sistemas de Visão Artificial e Rastreabilidade. Online: <http://www.criavision.pt/rastreabilidade.php>, 2013. Consultado em 14/10/2013.
- [19] S. Lahiri. *RFID sourcebook*. IBM Press, 2006.
- [20] K. Finkenzerler and D. Müller. *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication*. Wiley, 2010.
- [21] GS1 Portugal CODIPOR. Manual do Utilizador EAN.UCC. Online: <http://media.gs1pt.org/ficheiros/490/Manual> Consultado em 16/10/2013.
- [22] GS1 Portugal CODIPOR. GS1 DataBar: A Revolução no Ponto de Venda - mais Informação...Menos Espaço. Online: http://media.gs1pt.org/ficheiros/166/gs1_databar.pdf, 2008. Consultado em 16/10/2013.
- [23] GS1. GS1 DataMatrix: An introduction and technical overview of the most advanced GS1 Application Identifiers compliant symbology. Online: http://www.gs1.org/docs/barcodes/GS1_DataMatrix_Introduction_and_technical_overview.pdf, 2011. Consultado em 16/10/2013.
- [24] Jie Shi, Yingjiu Li, Wei He, and Darren Sim. SecTTS: A secure track and trace system for RFID-enabled supply chains. *Computers in Industry*, 63(6):574 – 585, 2012.
- [25] P.J. Sweeney. *RFID For Dummies*. For Dummies. John Wiley & Sons, 2005.
- [26] M. Bhuptani and S. Moradpour. *RFID field guide: deploying radio frequency identification systems*. Prentice Hall professional technical reference. Sun Microsystems/-Prentice Hall PTR, 2005.

-
- [27] R. Shorey, A. Ananda, M.C. Chan, and W.T. Ooi. *Mobile, Wireless, and Sensor Networks: Technology, Applications, and Future Directions*. Wiley, 2006.
- [28] Alírio de Jesus Soares Ventura. Leitor/Gravador RFID - Banda HF (13.56 MHz). Master's thesis, Universidade de Aveiro, 2009. Tese de Mestrado em Engenharia Electrónica e Telecomunicações apresentada à Universidade de Aveiro.
- [29] TransTech Systems - Worldwide UHF Frequency Allocation by Country. Online: <http://assettrackit.com/worldwide-uhf-frequency-allocation-by-country/>, 2013. Consultado em 14/10/2013.
- [30] K. Finkenzeller. *RFID Handbook: Radio-Frequency Identification Fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons, 2000.
- [31] GS1 Portugal CODIPOR. GS1 EPCglobal: O que necessita saber... Online: http://media.gs1pt.org/ficheiros/164/brochura_gs1_epcglobal.pdf, 2008. Consultado em 16/10/2013.
- [32] Samuel Fosso Wamba, Louis A. Lefebvre, Ygal Bendavid, and Élisabeth Lefebvre. Exploring the impact of RFID technology and the EPC network on mobile B2B eCommerce: A case study in the retail industry. *International Journal of Production Economics*, 112(2):614 – 629, 2008.
- [33] Heiko Knospe and Hartmut Pohl. RFID Security. *Information Security Technical Report*, 9(4):39 – 50, 2004.
- [34] GS1. GS1 Position Paper on Barcodes for Mobile Applications. Online: http://www.gs1.org/docs/b2c/GS1_Mobile_Barcodes_Position_Paper.pdf, 2012. Consultado em 16/10/2013.
- [35] Hui Tan. Application research of RFID in supply chain logistics management. In *Service Operations and Logistics, and Informatics*, 2008. *IEEE/SOLI 2008. IEEE International Conference on*, volume 2, pages 2456 –2459, oct. 2008.
- [36] Junfang Zeng, Wancheng Ni, Lin Chen, and Yu Liu. Modeling RFID Data to Support Information Sharing. In *Convergence and Hybrid Information Technology*, 2008. *ICCIT '08. Third International Conference on*, volume 1, pages 1137 –1141, nov. 2008.
- [37] Jie Wu, Dong Wang, and Huanye Sheng. ECA Rule-based RFID Data Management. In *RFID Eurasia, 2007 1st Annual*, pages 1 –5, sept. 2007.
- [38] Diogo da Silva Costa. Sistemas de Supervisão e Controlo Integrado. Master's thesis, Universidade de Aveiro, 2009. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica apresentada à Universidade de Aveiro.
- [39] Silvério Manuel dos Santos Neves. Rastreabilidade de Componentes na Cadeia de Fornecimento. Master's thesis, Universidade de Aveiro, 2005. Tese de Mestrado em Gestão de Operações apresentada à Universidade de Aveiro.

- [40] Nuno Miguel Silva Mota. Integração de Sistemas de Identificação Automáticos. Master's thesis, Universidade do Porto, 2010. Tese de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [41] SONMicro Electronics®. *SM130 - 13.56MHz RFID Mifare Read/Write Module*, a.8 edition, 2008.
- [42] Kun Bai, Shaoxi Li, and Jing Tian. A data model for RFID data. In *Communication Software and Networks (ICCSN), 2011 IEEE 3rd International Conference on*, pages 482–488, 2011.
- [43] Jun Rao, Sangeeta Doraiswamy, Hetal Thakkar, and Latha S. Colby. A deferred cleansing method for RFID data analytics. In *Proceeding of VLDB Conference*, pages 175–186, 2006.
- [44] R. Agrawal, A. Cheung, K. Kailing, and S. Schonauer. Towards traceability across sovereign, distributed rfid databases. In *Database Engineering and Applications Symposium, 2006. IDEAS '06. 10th International*, pages 174–184, 2006.
- [45] Yanbo Wu. *Enabling Traceability in Large-Scale RFID Networks*. PhD thesis, The University of Adelaide, 2011.
- [46] S. Chalasani and R.V. Boppana. Data Architectures for RFID Transactions. *Industrial Informatics, IEEE Transactions on*, 3(3):246–257, 2007.
- [47] L.M.D. Damas. *SQL - Structured Query Language*. FCA, 6 edition, 2007.
- [48] José Paulo Santos. Bases de Dados, 2010/2011.
- [49] RFID High Frequency. Online: <http://www.contrinex.com/product-ranges/RFID-High-Frequency>, 2012. Consultado em 19/09/2013.
- [50] Contrinex®. *HF RFID system: Read/Write Module (RWM) - RLS-1183-020*, 2012.
- [51] Microchip®. *PIC18F46J50 - Data Sheet - 28/44-Pin, Low-Power, High-Performance USB Microcontrollers with nano Watt XLP Technology*, 2011.
- [52] Olimex®. *PIC-P26J50 Proto development board - User's Manual*, 2012.
- [53] MAX232. Online: <http://en.wikipedia.org/wiki/MAX232>, August 2013. Consultado em 24/09/2013.
- [54] Olimex®. *MOD-RS485 development board - User's Manual*, 2011.
- [55] José Paulo Santos. Protocolo de Comunicação Série EIA485, 2010/2011.
- [56] Analog Devices®. *3.3V Slew Rate Limited, Half and Full-Duplex, RS485/RS422 Transceivers*, 2011.
- [57] Mifare®. *Standard Card IC MF1 IC S50 - Functional Specification*, 2001.
- [58] Contrinex®. *HF RFID system: Transponder - RTP-0201-020*.

-
- [59] SONMicro Electronics®. *AN601 - I2C 2.8 Communication Protocol - Application Note*, a.2 edition, 2009.
- [60] José Paulo Santos and Marco Gomes. *I2C - Inter Integrated Circuit*, 2010/2011.

Apêndice

Apêndice A

Módulo RFID SM130 - I2C

Para estabelecer a troca de dados entre o μ controlador e módulo RFID é utilizado o protocolo de comunicação I2C. É enviado e recebido um conjunto de *bytes*, cada um com representação hexadecimal, segundo uma estrutura predefinida pelo fabricante do módulo de RFID SONMicro SM130 - Tabelas A.1 e A.2. O “Comprimento” é a soma do número de *bytes* contidos nos campos “Comando” e “Dados” para o caso do envio e, “Comando” e “Resposta” no caso da recepção. O “Comando”, como o próprio nome indica, é um código que indica qual a função a ser executada - na Tabela A.3 são apresentados os comandos mais importantes com o respetivo código e descrição. Consoante o comando utilizado, o campo “Dados” é preenchido ou não. O campo “Checksum” é utilizado para validar os dados enviados, recebidos e detetar qualquer corrupção de dados. É calculado tendo em conta todos os *bytes* da mensagem.

Na Figura A.1 é demonstrado para 4 diferentes comandos de que forma são trocados os dados entre o μ controlador e o módulo de RFID. Para se poder aceder aos dados contidos numa TAG são necessários os dois primeiros comandos representados na figura, ou seja, é necessário identificar a TAG e depois autenticar o bloco de dados¹ ao qual se pretende aceder. Depois pode-se escrever ou ler o bloco autenticado e incrementar ou decrementar um valor da TAG. Os *bytes* representados na Figura A.1 apresentam diferentes cores para ser mais fácil de associar à estrutura de dados apresentada nas Tabelas A.1 e A.2. A cor vermelha são os *bytes* de “Comprimento”, os verdes os *bytes* de “Comando”, os laranja os *bytes* de “Dados”, os azuis os *bytes* de “Checksum” e os cinzentos os *bytes* de “Resposta”.

Na “Procura de TAG” é enviado o comando e como resposta o módulo de RFID devolve uma sequência de *bytes*, que em função do conteúdo do campo “Resposta” se conclui que a ativação da função/comando do módulo foi executada, ou não, com sucesso. No caso do exemplo apresentado na Figura A.1 o comando está em execução, ou seja, a procura constante por TAGs está ativa. Quando é detetada uma TAG é enviada novamente uma mensagem pelo módulo de RFID, em que o primeiro *byte* “Resposta” indica o tipo de TAG² e os restantes 4 *bytes* (caixa a azul na figura) representam o *serial number* da TAG em que o mais significativo é o primeiro elemento do *serial number*.

Na “Autenticação”, a mensagem a enviar indica o número do bloco a autenticar

¹A memória da TAG é dividida por setores, cada setor contém 4 blocos de dados com 16 *bytes* cada, em que um deles (o último bloco de cada setor) é utilizado para efetuar configurações de acesso aos blocos.

²0x01: Mifare Ultralight, 0x02: Mifare Standard 1K, 0x03: Mifare Classic 4K e 0xFF: Tipo de TAG desconhecido

e o código a utilizar. No caso da Figura A.1 procedeu-se à autenticação do bloco 1 (0x01) com o código “0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF”. A resposta indica que o *login* foi efetuado com sucesso.

Após a seleção da *TAG* e a autenticação pode-se proceder às operações de memória. Na Figura A.1 demonstrou-se um exemplo de leitura e escrita numa posição de memória da *TAG*. No caso da leitura, a mensagem de envio indica que se pretende ler os *bytes* do bloco 6 (0x06) e a mensagem de resposta é dada com os 16 *bytes* (caixa azul na figura) presentes nesse bloco. Na escrita de *bytes* é indicado na mensagem de envio que se pretende escrever no bloco 10 (0x0A) e está presente ainda o conteúdo pretendido para cada *byte* (caixa azul na figura). Como resposta, o módulo de RFID, devolve o conteúdo já guardado nesse bloco verificando-se assim já a validade da escrita na *TAG*.

Tabela A.1: Estrutura de envio de dados para comunicação I2C

Comprimento (<i>Length</i>)	Comando (<i>Command</i>)	Dados (<i>Data</i>)	Checksum
1 <i>Byte</i>	1 <i>Byte</i>	N <i>Bytes</i>	1 <i>Byte</i>

Tabela A.2: Estrutura de receção de dados para comunicação I2C

Comprimento (<i>Length</i>)	Comando (<i>Command</i>)	Resposta (<i>Response</i>)	Checksum
1 <i>Byte</i>	1 <i>Byte</i>	N <i>Bytes</i>	1 <i>Byte</i>

Tabela A.3: Comandos do SM130

Código	Comando	Descrição
0x80	Reiniciar	Reinicia o módulo
0x81	<i>Firmware</i>	Leitura da versão de <i>Firmware</i> do módulo
0x82	Procura de TAG	Procura contínua pela presença de TAG
0x83	Selecionar TAG	Seleciona a TAG presente no campo de leitura
0x84	Reservado	Reservado
0x85	Autenticação	Autentica um bloco de dados da TAG
0x86	Leitura de <i>bloco</i>	Leitura de dados de um <i>bloco</i> específico
0x87	Leitura de valor	Leitura de um bloco de valor
0x88	Reservado	Reservado
0x89	Escrita de bloco	Escrita de dados de um bloco específico
0x8A	Escrita de valor	Escrita de um bloco de valor
0x8B	Escrita de bloco de 4 Bytes	Escrita de dados de 4 bytes em TAGs Mifare Ultralight
0x8C	Escrita de código	Escrita de código na EEPROM do módulo
0x8D	Incremento de valor	Incremento do bloco de valor
0x8E	Decremento de valor	Decremento do bloco de valor
0x8F	Reservado	Reservado
0x90	Antena	Ativa/Desativa o campo de Rádio Frequência
0x91	Leitura de porta	Leitura da porta <i>Input</i>
0x92	Escrita em porta	Escrita em porta <i>Output</i>
0x93	Interrupção	Interrupção de comandos em execução
0x94	Definição <i>Baud Rate</i>	Definição de <i>Baud Rate</i> para comunicação RS232
0x95	Reservado	Reservado
0x96	<i>Sleep Mode</i>	Coloção do módulo em modo suspensão

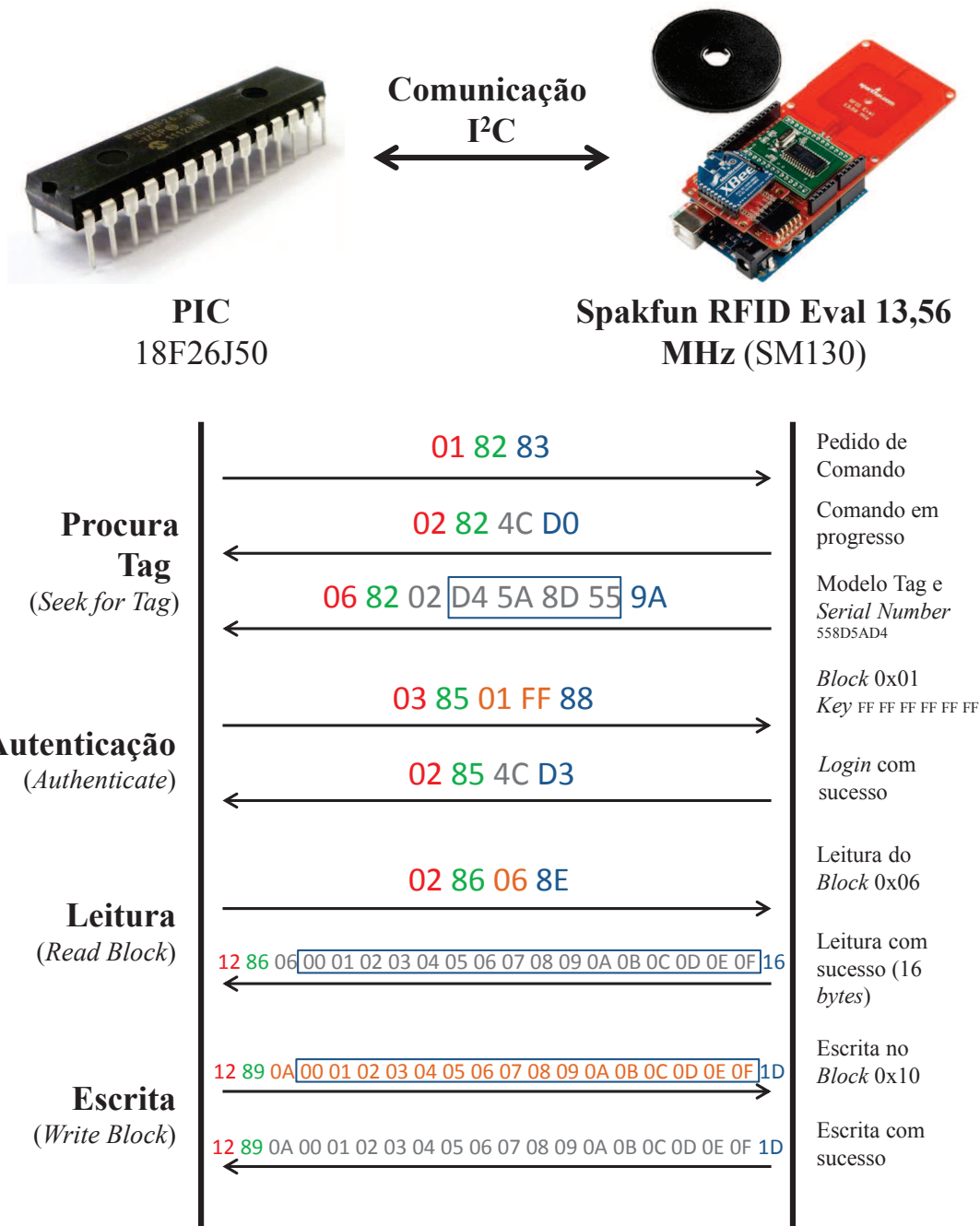


Figura A.1: Esquema de troca de dados entre μ controlador e módulo RFID com comunicação I2C

Apêndice B

Leitores Contrinex® - RS485

Na Tabela B.1 são apresentados os comandos para os leitores da Contrinex® (seleção de comandos), indicando o código do comando e a sua descrição.

Tabela B.1: Comandos para os leitores da Contrinex® - adaptado de [50]

Código	Comando	Descrição
0x00	Status	Retorna a lista de todas as TAGs presentes no campo RF do leitor
0x10	Read	Lê um determinado número de blocos da TAG a partir de um bloco específico
0x11	Write	Escreve num determinado número de blocos da TAG a partir de um bloco específico
0x12	Lock Block	Protege definitivamente contra a escrita os blocos selecionados
0x14	Select	Seleção da TAG
0x1A	Get System Info	Retorna as características específicas da TAG
0x21	Set Password	Envio da palavra passe encriptada para desbloquear a TAG
0x22	Write Password	Modificar a palavra passe de acesso à TAG
0x23	Lock Password	Bloqueia definitivamente a palavra passe da TAG
0x25	Protect Page	Protege as páginas (conjunto de blocos da TAG) de acordo com a proteção desejada
0x26	Lock Page Protection Condition	Bloqueia, de forma irreversível, a proteção definida para a página
0x27	Get Protection Status	Retorna o estado de proteção de um determinado conjunto de blocos
0x28	Destroy TAG	Desativa a TAG, de forma irreversível
0x30	Set Field	Controlo do campo RF do leitor
0x31	Get Field	Informação do estado do campo RF do leitor
0x32	Write RWM	Escrita do valor de dois <i>bytes</i> em endereço específico de memória do leitor
0x33	Read RWM	Lê o bloco de dados com o endereço específico da memória do leitor
0x34	RWM Info	Retorna a informação do <i>firmware</i> e o tipo do leitor
0x35	Sleep Mode	Redução de consumo até 50% neste modo
0x36	Reset	Inicia o leitor novamente
0x37	Set Address	Define o endereço lógico do leitor
0x38	Get Address	Lê o endereço lógico do leitor
0x39	Set Address Mode	Define o modo como são definidos os endereços dos leitores
0x3A	Get Address Mode	Retorna o modo como são definidos os endereços dos leitores
0x3B	Set Protection Mode	Leitor em modo de proteção
0x3C	Get Protection Mode	Retorna o estado do modo de proteção do leitor
0x3F	Read RWM UID	Retorna o ID do leitor

Apêndice C

Esquemas Elétricos

Neste apêndice são apresentados os esquema elétricos da implementação prática efetuada. Na Figura C.1 está representado o μ controlador com a respetiva ficha UEXT, à qual foram efetuadas quase todas as ligações para os restantes dispositivos. É ainda possível observar o MAX232 que permite que se efetuem comunicações entre o μ controlador e o computador, pois transforma os sinais vindos do μ controlador (TTL de 0V a 5V) em sinais prontos a enviar para o computador (RS232 de -5V a 5V). Na Figura C.2 estão presentes os leitores de RFID da marca Sparkfun que comunicam com o μ controlador através da comunicação I2C. Na Figura C.3 é possível observar um módulo que permite que seja estabelecida uma comunicação RS485 ao μ controlador. É necessário este módulo porque os leitores de RFID da marca Contrinex comunicam através de RS485 e assim é possível criar um barramento em que podem ser ligados vários leitores.



Dissertação de Mestrado

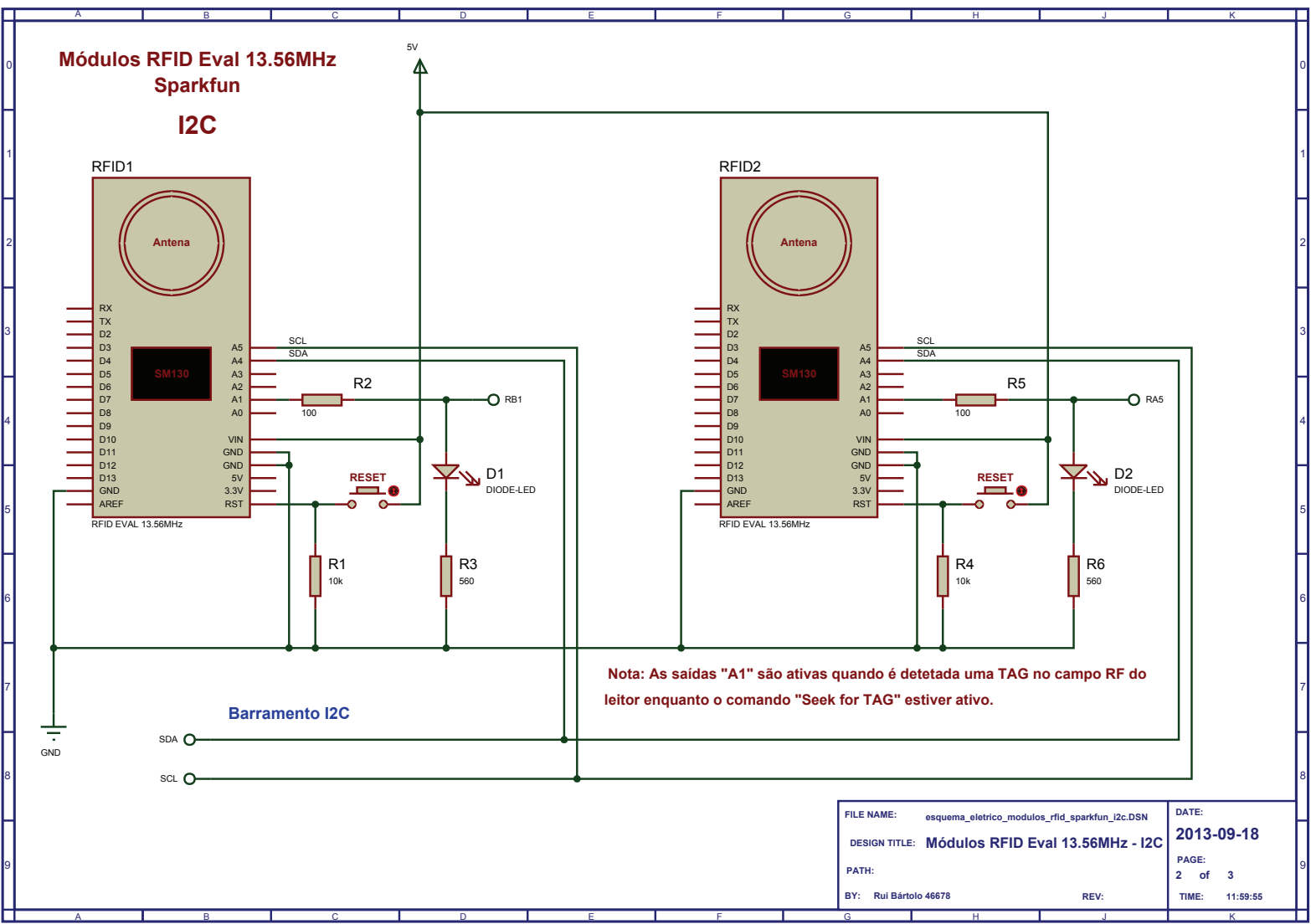


Figura C.2: Esquema elétrico dos leitores de RFID Sparkfun - I2C

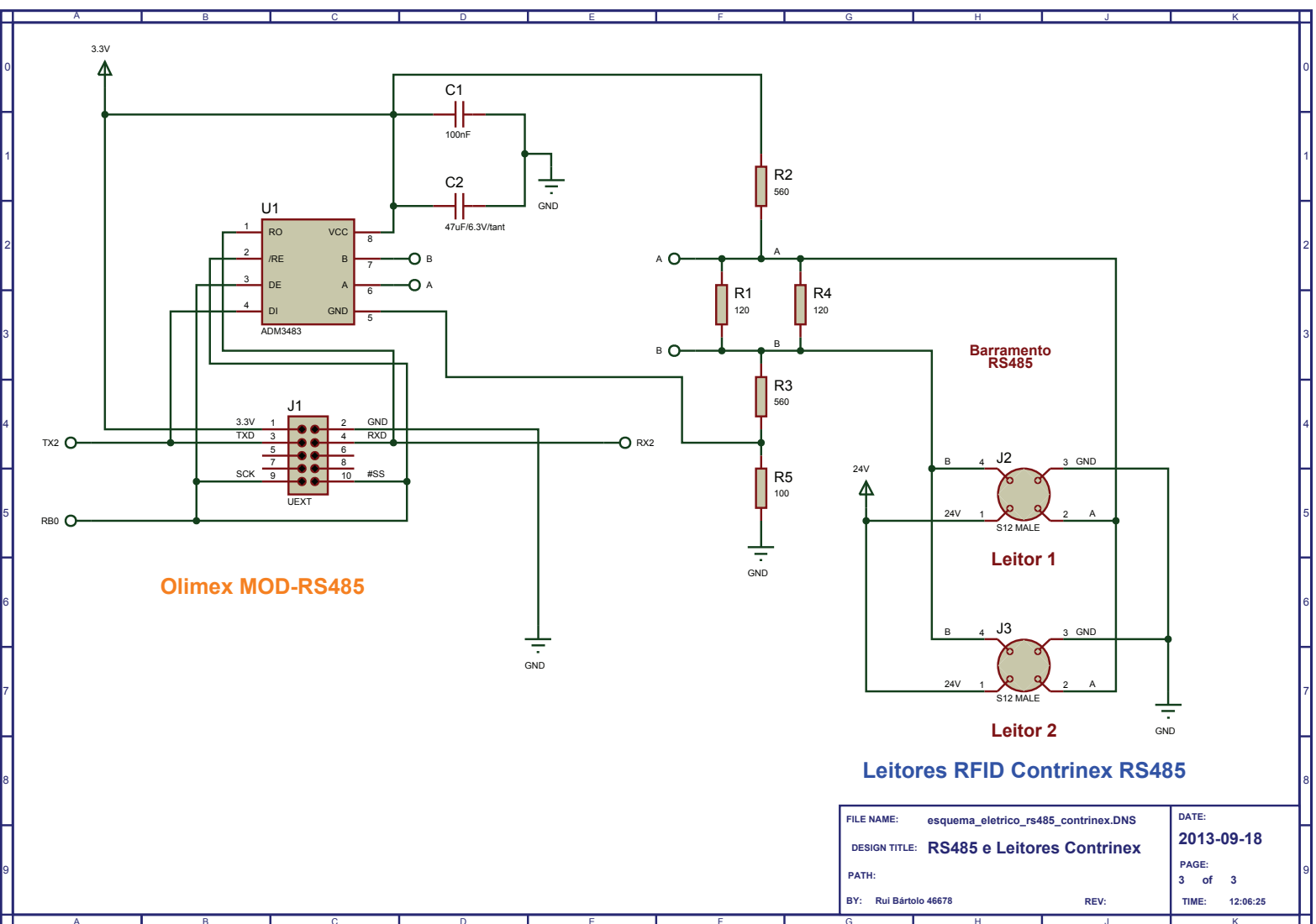


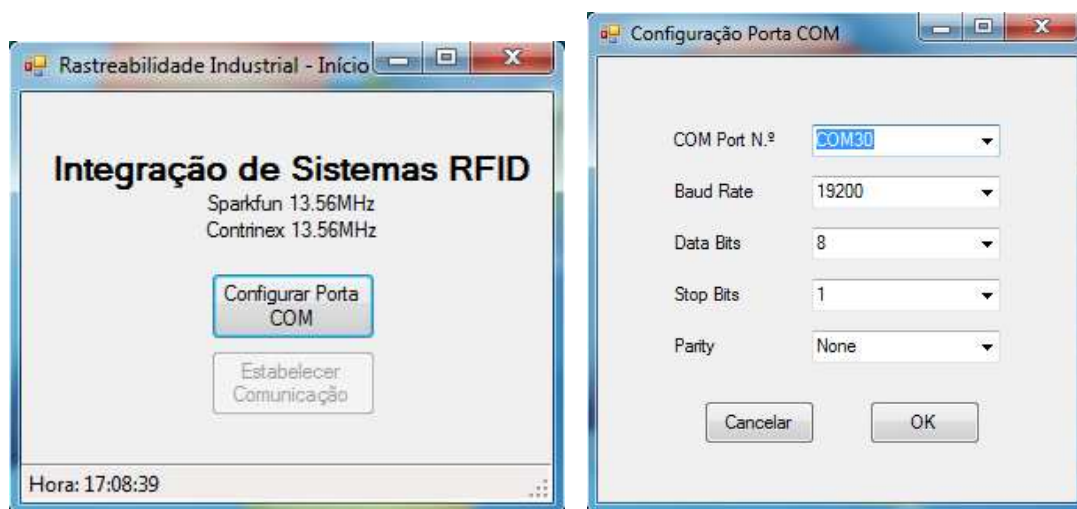
Figura C.3: Esquema elétrico do módulo RS485 e dos leitores da Contrinex®

Apêndice D

Explicação Interface Gráfica Desenvolvida

D.1 Janelas Iniciais

Como janela inicial da aplicação foi elaborada uma interface que faz com que o utilizador tenha que configurar a porta série e estabelecer a comunicação - Figura D.1a. As configurações para a configuração surgem predefinidas e estas são as previstas para a comunicação entre o computador e o μ controlador - Figura D.1b.



(a) Janela inicial da interface gráfica

(b) Janela de configuração de propriedades da comunicação

Figura D.1: Janelas para inicialização da aplicação

Só depois de estabelecida a comunicação é que é apresentada a janela principal da aplicação, mas antes de prosseguir com qualquer ação na aplicação, o utilizador tem que proceder à identificação da sua empresa. Esta identificação é essencial para a rastreabilidade, pois qualquer ação que seja efetuada nesta empresa será registada com o seu *ID* associado. Surge, por isso, uma mensagem de aviso ao utilizador (Figura D.2).

É aberta automaticamente uma nova janela para selecionar a empresa do utilizador -

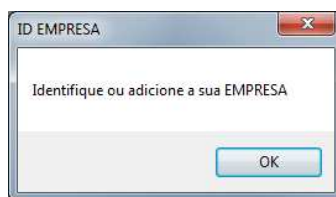
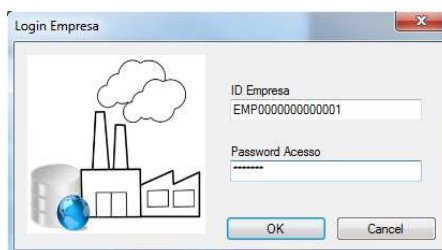


Figura D.2: Aviso ao utilizador para identificar a sua empresa

Figura D.3. Quando há um clique na caixa do *ID* da Empresa aparecem imediatamente os registos de empresas existentes na BD. Ao seleccionar o *ID* da Empresa, clicando no botão “Atualizar Campos”, os restantes elementos que descrevem a empresa são preenchidos (atualizados). Caso seja necessário, é possível criar uma nova empresa clicando no botão “Novo”. Na nova janela que abre são disponibilizados todos os campos descritivos da empresa - Figura D.56.

Figura D.3: Janela de escolha de empresa (*ID* Empresa)

Depois da empresa ser seleccionada aparece uma janela de *login* onde o utilizador tem que introduzir a palavra passe de acesso da sua empresa - Figura D.4. A palavra passe introduzida é comparada com o registo da empresa presente na BD para a empresa em questão. Só é cedido o acesso ao programa se o *login* for efetuado com sucesso.

Figura D.4: Janela de *login* da empresa (*ID* Empresa)

Após a seleção da empresa, o utilizador tem à sua disposição na barra de menus localizada na parte superior da janela principal da aplicação todas as funcionalidades - Figura D.5.

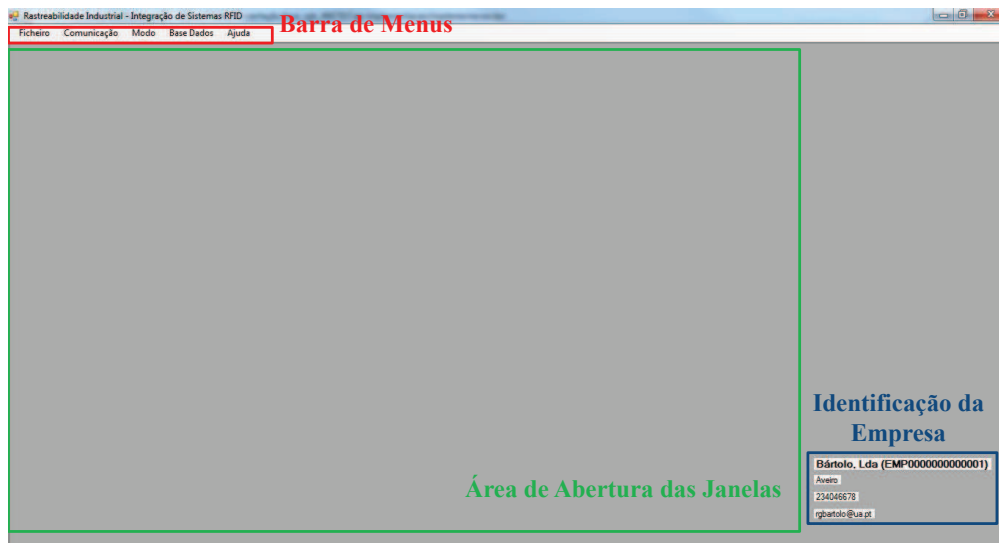


Figura D.5: Janela Principal da Aplicação - identificação de áreas

D.2 Configuração dos Parâmetros da Porta Série

Na janela de configuração dos parâmetros da porta série é possível aceder às propriedades da comunicação série - Figura D.6. É possível terminar a ligação, alterar os seus parâmetros de funcionamento e voltar a estabelecer a comunicação série.

Nesta janela existe um grupo de dados informando o estado da comunicação. É possível observar que a comunicação está aberta, ou seja, está estabelecida, sendo detalhadas todas as suas configurações atuais. Caso se pretenda alterar as configurações atuais tem que terminar primeiro a comunicação pois a alteração não é permitida estando a comunicação iniciada. Portanto, ao clicar no botão “Alterar Configurações”, a comunicação é automaticamente terminada, permitindo ao utilizador definir os novos parâmetros para a comunicação. Depois de definidos os novos parâmetros para a comunicação série é necessário clicar no botão “Gravar”. Após gravar os parâmetros para a nova ligação, já é possível estabelecer nova comunicação. De salientar que segundo as definições ao nível do μ controlador, as configurações da porta série estão previamente definidas e se houver alguma alteração não coerente com as configurações do μ controlador, a comunicação ficará comprometida.

D.3 Modo Manual

Este modo permite que sejam enviados comandos individuais para o leitor pretendido segundo a intenção do utilizador. Estão disponíveis a maioria dos comandos listados pelas respetivas marcas.

D.3.1 Módulo Sparkfun SM130 13.56MHz (Modo -> Manual -> Sparkfun SM130)

Para os Módulos RFID SM130 foi criada uma janela para interação com o utilizador com as principais funcionalidades proporcionadas pelo fabricante. Na Figura D.7 é

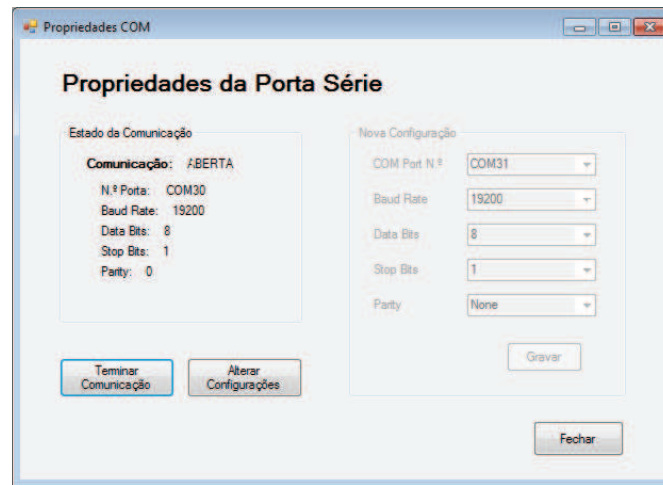


Figura D.6: Janela de configuração da Porta Série - Abertura

apresentado o aspeto geral da janela, onde é possível observar uma zona da janela que estão presentes quatro separadores. Foi adotada esta estratégia dos separadores para minimizar o excesso de elementos numa primeira abertura da janela e também ajudar na sequência de comandos a tomar pelo utilizador.

Na Figura D.7 está presente na zona superior esquerda um grupo de elementos destinado ao endereço do *Slave* I2C. Como já foi referido anteriormente, estes módulos utilizam este tipo de comunicação e portanto pressupõe-se que seja indicado o endereço do *Slave* na comunicação. É aqui neste grupo que se define o endereço do *Slave* com o qual se pretende estabelecer comunicação, sendo esta a primeira tarefa a ser realizada pelo utilizador. Há a hipótese de trocar o endereço do *Slave* a qualquer momento.

Após a definição do endereço do *Slave* do módulo, alguns botões presentes nesta janela ficam disponíveis para serem utilizados. O botão “RESET” é um deles e permite que seja efetuado um *reset* ao módulo de RFID. O botão “Firmware Version” também fica disponível e permite que seja dada a informação relativa ao *firmware* presente no módulo - Figura D.8.

Na zona inferior central da janela deste modo manual estão presentes duas caixas de texto onde é possível observar as mensagens enviadas e as mensagens recebidas - Figura D.9. Neste caso pode-se observar a mensagem enviada para o μ controlador para obter a versão de *firmware* do módulo de RFID e a respetiva resposta (estrutura proposta). Através do processamento da mensagem chegada ao computador é que são apresentados os resultados de forma mais cómoda para o utilizador - Figura D.8.

Passando agora para os comandos mais importantes do RFID (detecção de TAGs e sua leitura ou escrita) é possível observar no separador “Detecção e Autenticação TAG” os comandos “Select TAG”, “Seek for TAG” e autenticação. Os comandos para detecção de TAG são o “Select TAG” e o “Seek for TAG”. No “Select for TAG” a TAG tem que estar previamente ao alcance do campo RF quando for enviado o comando para o módulo enquanto que no comando “Seek for TAG” é ativado um comando de procura constante por uma TAG até que seja encontrada uma TAG ao alcance do campo RF. Na Figura D.10 pode-se observar a inicialização do comando “Seek for TAG” efetuada com sucesso, ou seja, a procura de TAG está a decorrer.

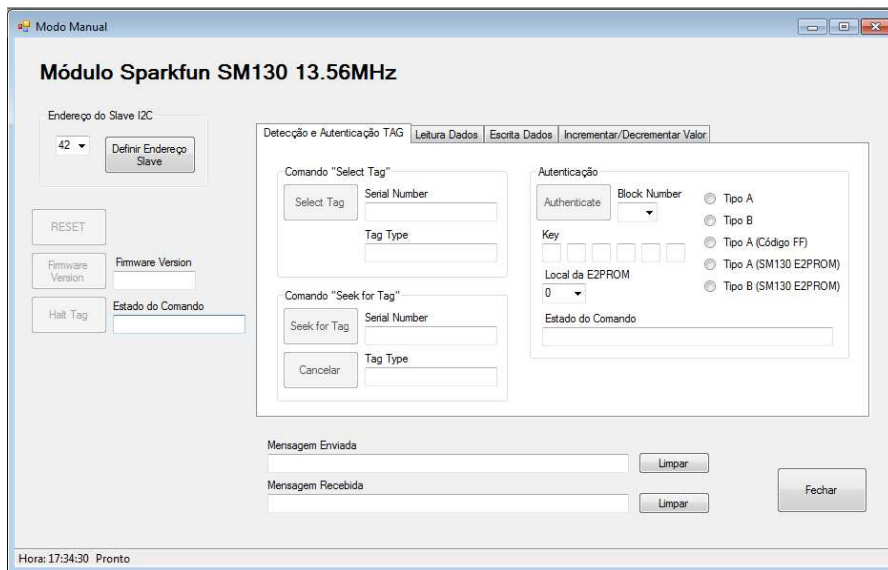


Figura D.7: Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - aspeto geral

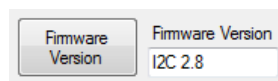


Figura D.8: Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - versão de *Firmware*

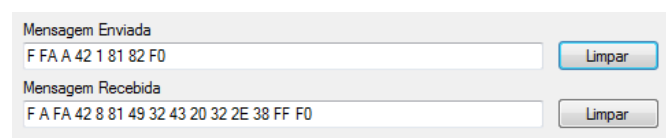


Figura D.9: Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - caixas de mensagens trocadas

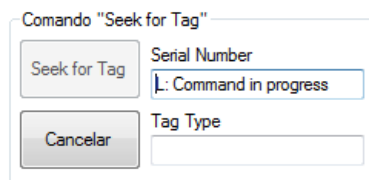


Figura D.10: Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - comando "Seek for TAG"

Enquanto o comando está a decorrer todos os botões presentes na janela ficam inativos. Quando é detetada uma TAG, o módulo de RFID envia uma mensagem, informando que foi detetada uma TAG, indicando qual o seu tipo e o seu *Serial Number* - Figura D.11. Após a conclusão do comando ficam novamente disponíveis os botões que podem ser acionados pelo utilizador.

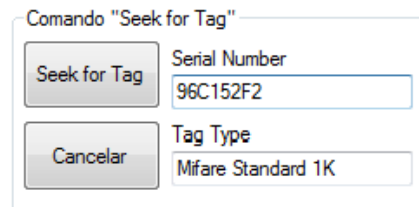


Figura D.11: Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - deteção de TAG

Após a deteção de TAG e para se proceder a operações de memória é obrigatório a autenticação da TAG. As TAGs Mifare vêm predefinidas para serem autenticadas com a chave "0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF". Se pretender alterar esta chave tem que se proceder a uma nova escrita do bloco de dados de condições de acesso da TAG - este assunto é abordado na Sub-Secção 4.3.1. Prossegue-se então com a autenticação da TAG, especificamente para o Bloco 1 (por exemplo), com a chave predefinida. Caso seja efetuada com sucesso é dada essa informação ao utilizador - Figura D.12. O utilizador tem à sua disposição a escolha do número do bloco ao qual pretende efetuar operações de memória e o tipo de chave para autenticação. Podem-se selecionar dois tipos de chave: as chaves do tipo A e do tipo B, existindo a possibilidade de serem guardadas na EEPROM do módulo de RFID. Caso se opte por esta opção tem que se escolher o local da EEPROM onde está guardada a chave a utilizar.

Depois de ser autenticada a TAG, mais propriamente, o bloco de dados ao qual se pretende aceder, prossegue-se com as operações de memória (leitura, escrita e incrementar/decrementar valores).

Para efetuar a leitura de dados presentes na TAG acede-se ao separador "Leitura Dados". O bloco de dados ao qual se pretende efetuar a leitura não é dado a escolher ao utilizador, visto que, para a autenticação já foi identificado o bloco de dados e para que a leitura seja bem sucedida só pode ser efetuada ao bloco que foi autenticado. Na Figura D.13a é apresentada uma leitura de um bloco de dados efetuada com sucesso. Alguns dados são guardados na TAG tendo como objetivo a sua leitura como caracteres *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII), portanto foi colocada à disposição do utilizador uma *checkbox* que quando é selecionada transforma os dados lidos, na forma hexadecimal, em caracteres ASCII - Figura D.13b. É ainda possível observar, na Figura D.13a, um grupo de elementos destinado à leitura de valores. Esse valor é guardado na TAG sob a forma de quatro *bytes* (hexadecimal) que correspondem a um número inteiro (decimal).

Para efetuar a escrita de dados na TAG acede-se ao separador "Escrita Dados" - Figura D.14. Aqui, novamente, o número de bloco no qual se pretende escrever não é dado à escolha pois depende do bloco de dados autenticado anteriormente. Para proceder à escrita de um bloco de dados inserem-se os valores (hexadecimal) pretendidos para os 16 *bytes* disponíveis num bloco. No entanto, caso o utilizador pretenda utilizar o bloco para guardar um valor (inteiro) pode usar a função para

Autenticação

Authenticate Block Number

Key

Local da E2PROM

Estado do Comando

L: Login successful

☐ Tipo A
☐ Tipo B
☒ Tipo A (Código FF)
☐ Tipo A (SM130 E2PROM)
☐ Tipo B (SM130 E2PROM)

Figura D.12: Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - autenticação

Detecção e Autenticação TAG | Leitura Dados | Escrita Dados | Incrementar/Decrementar Valor

Leitura de bloco de dados

Read Block Block Number

Dados lidos ☐ ASCII

0	1	2	3	4	5	6	7
50	52	44	30	30	30	30	30
8	9	10	11	12	13	14	15
30	30	30	30	30	30	30	31

Estado do Comando

Leitura realizada com sucesso

Leitura de Valor

Read Value Block Block Number Valor Lido (Decimal)

Dados lidos

Estado do Comando

(a) Leitura de bloco de dados

Leitura de bloco de dados

Read Block Block Number

Dados lidos ☒ ASCII

0	1	2	3	4	5	6	7
P	R	D	0	0	0	0	0
8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0	0	0	0	0	1

Estado do Comando

Leitura realizada com sucesso

(b) Leitura de bloco de dados - ASCII

Figura D.13: Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - leitura de dados

escrever um valor clicando no botão “Escrever Valor”, desde que tenha previamente escrito qual o valor a escrever. Para ambos os casos de escrita está presente uma caixa de texto onde é indicado o estado do comando e informando o utilizador se o comando foi efetuado com sucesso ou não.

Incrementar e decrementar valores aplica-se só em blocos que possuem um valor guardado. Os blocos de dados (16 *bytes*) não podem ser incrementados ou decrementados. Para incrementar ou decrementar valores acede-se ao separador “Incrementar/-Decrementar Valor” - Figura D.15. Para ambos os casos, o utilizador indica qual o valor a incrementar ou a decrementar. Mais uma vez, o número do bloco é o que foi previamente autenticado. Após a execução do comando é dada como reposta, por parte do módulo de RFID, o novo valor contido no bloco, quer se incremente ou decrescente o valor.

Figura D.14: Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - escrita de dados

Figura D.15: Janela do Modo Manual dos módulos SM130 - incrementar/decrementar valor

D.3.2 Módulo Contrinex 13.56MHz (Modo -> Manual -> CONTRINEX)

Para os leitores RFID da marca Contrinex® foi criada uma janela para interação com o utilizador e com as principais funcionalidades proporcionadas pelo fabricante. O seu aspeto é apresentado na Figura D.16. Esta apresenta novamente os vários comandos dos leitores divididos em três separadores para simplificar a sua utilização.

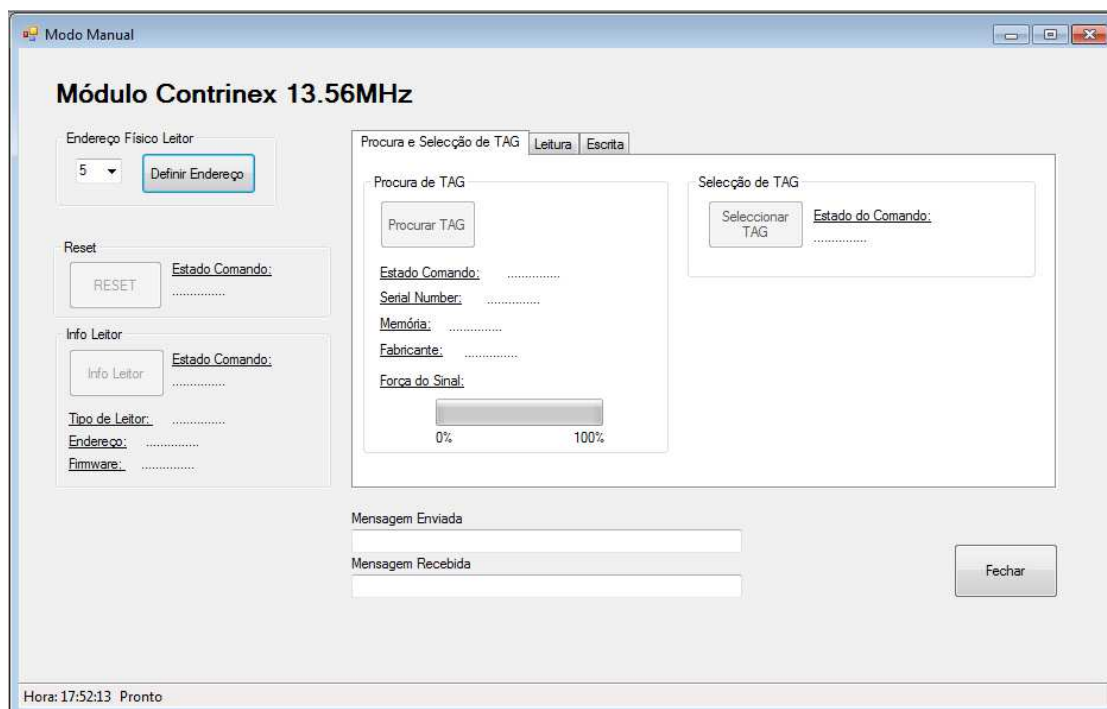


Figura D.16: Janela do Modo Manual dos leitores Contrinex® - aspecto geral

Como estes leitores estão ligados a um barramento RS485, antes de continuar com qualquer outra operação, é necessário definir qual o endereço físico do leitor com o qual se pretende comunicar. Esta operação é intuitiva porque o único botão ativo, quando esta janela é aberta, é o botão “Definir Endereço” que está presente na zona superior esquerda (Figura D.16). Só depois de definido o endereço do leitor é que são ativados outros botões.

Após a definição do endereço do leitor é possível obter algumas informações sobre o leitor escolhido clicando no botão “Info Leitor” - Figura D.17. Neste grupo de elementos relativos à informação do leitor surge a referência completa do leitor de RFID, o seu endereço físico, confirmando o que foi definido anteriormente e ainda a sua versão de *firmware*.

De salientar que quando são trocadas mensagens entre o computador e o μ controlador, elas surgem na zona inferior central desta janela de modo manual. Na Figura D.18 é apresentado um exemplo de uma troca de mensagens (estrutura proposta), referentes ao comando de pedido de informações sobre o leitor de RFID.

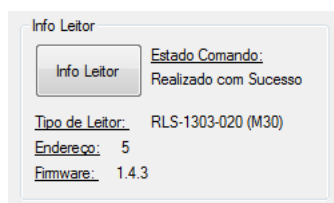


Figura D.17: Janela do Modo Manual dos leitores Contrinex® - informações sobre o leitor



Figura D.18: Janela do Modo Manual dos leitores Contrinex® - mensagem do comando "Info Leitor"

A procura de TAG é efetuada no separador "Procura e Seleção de TAG", mais especificamente no grupo de elementos "Procura de TAG". Para a TAG ser detetada tem que permanecer no campo RF do leitor aquando do envio do comando. Ao contrário dos leitores RFID SM130, os leitores da Contrinex® não possuem uma função de procura constante da TAG, no entanto esta função foi implementada no modo automático do sistema proposto e irá ser demonstrado posteriormente. Após a deteção da TAG são dadas algumas informações da leitura, tais como: o *serial number* da TAG, a sua memória, o seu fabricante e a força do sinal aquando da deteção da TAG dependente da sua distância ao leitor - Figura D.19.

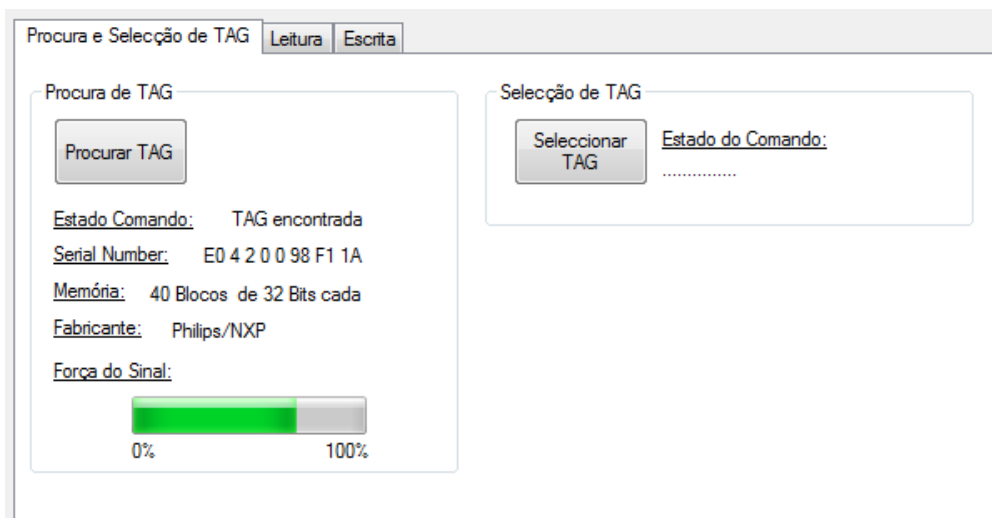


Figura D.19: Janela do Modo Manual dos leitores Contrinex® - procura de TAG

Para continuar com operações de memória, o utilizador necessita de selecionar a TAG ou então prossegue com as operações indicando, na mensagem enviada para o leitor, o ID da TAG (*serial number*). A opção de selecionar a TAG é mais interessante e mais prática pois não exige que se inclua o seu *serial number* na mensagem enviada para o leitor, evitando assim mensagens com um grande número de *bytes*. Após a deteção da TAG, se o objetivo for continuar com operações de memória, é necessário que esta se mantenha ao alcance do campo RF, incluindo na operação de seleção da TAG - Figura D.20.

Quanto à leitura, como já foi referido, existe aqui a possibilidade de escolha relativamente à TAG que irá ser lida, podendo o utilizador escolher se a TAG está selecionada ou se insere o seu *serial number* nas mensagens enviadas para o leitor. Se o utilizador optou por selecionar a TAG no separador anterior, quando abrir este separador para

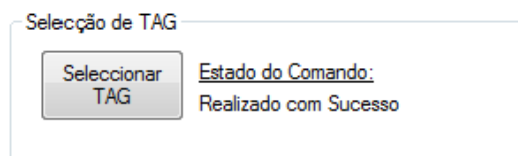


Figura D.20: Janela do Modo Manual dos leitores Contrinex® - seleção de TAG

leitura de dados, a opção de “Leitura de Dados da TAG” surge automaticamente selecionada - Figura D.21a. No caso do utilizador não optar pela seleção da TAG, a opção “Leitura de TAG específica” surge selecionada aquando da abertura do separador, e o *serial number* da TAG aparece também automaticamente, visto que este já foi obtido aquando da deteção desta. Estes leitores permitem que seja lido um conjunto de bloco de dados da TAG de uma só vez, até um máximo de 3 blocos por leitura, caso contrário surge no ecrã uma mensagem de aviso - Figura D.21b. Basta o utilizador indicar o bloco de início e o número de blocos que pretende ler. O resultado é apresentado na forma de uma tabela em que cada linha corresponde a um bloco de dados. Em cada *byte* é apresentado o seu conteúdo em hexadecimal e em ASCII para uma interpretação mais fácil.

A outra operação de memória disponível para este modo manual é a escrita de dados. A escolha da TAG dando a informação se esta é selecionada ou específica é feita mediante a opção do utilizador, no entanto a aplicação faz uma pré-seleção analisando se o utilizador selecionou a TAG ou não. Aqui, tal como na leitura de dados, é possível escrever de uma só vez um conjunto de blocos de dados na TAG, até um limite de 3 blocos - Figura D.22. Após o utilizador escolher qual o bloco de início de escrita e quantos blocos pretende escrever, é necessário clicar no botão “Tabela ->” para que o tamanho da tabela se ajuste à sua escolha. Após a escrita do que se pretende para cada *byte* de cada bloco, o utilizador ao clicar em “Validar Dados” vê a correspondência do que escreveu (hexadecimal) em caracteres ASCII. De seguida a escrita está pronta a ser executada clicando no botão “Escrever na TAG”.

D.4 Modo Automático

Este modo surge pensando na aplicabilidade dos sistemas de RFID na rastreabilidade industrial e imaginando por isso um caso de integração de outro sistema de RFID num já existente na empresa. A empresa em questão pretende ser integrada numa cadeia de fornecimento, mas sistema de rastreabilidade não é compatível com os adotados nas restantes empresas. Considerou-se que esta empresa usava leitores da marca Contrinex® (ISO15693) e as restantes da cadeia de fornecimento usavam leitores compatíveis com o ISO14443 (por exemplo, os módulos SM130). Para resolver este caso de incompatibilidade começa-se por integrar leitores compatíveis com TAGs ISO14443 na entrada e saída da empresa.

Procura e Selecção de TAG | **Leitura** | Escrita

Leitura de Dados da TAG

Ler TAG ☒ Leitura de TAG seleccionada ☐ Leitura de TAG específica

Serial Number: E0 4 2 0 0 98 F1 1A

Bloco de início: 0

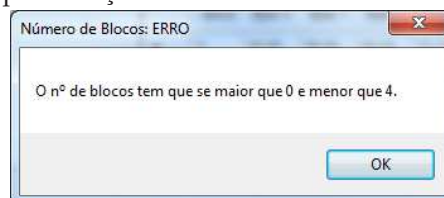
Número de Blocos: 3

Estado do Comando: Realizado com Sucesso

Tabela com Dados Lidos da TAG

	Bloco	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3
▶	0	50 (P)	52 (R)	44 (D)	30 (0)
	1	30 (0)	30 (0)	30 (0)	30 (0)
*	2	30 (0)	30 (0)	30 (0)	30 (0)

(a) Apresentação de resultados da leitura de TAG



(b) Aviso da leitura de TAG

Figura D.21: Janela do Modo Manual dos leitores Contrinex® - leitura de TAG

Procura e Selecção de TAG | Leitura | **Escrita**

Escrita de Dados na TAG

Escrever na TAG ☒ Escrever na TAG seleccionada ☐ Escrever em TAG específica

Serial Number: E0 4 2 0 0 98 F1 1A

Bloco de início: 0

Número de Blocos: 1

Estado do Comando:

Tabela com Dados a Escrever na TAG

	Bloco	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3
*	0	52 (R)	55 (U)	49 (I)	00 ()

Validar Dados

Figura D.22: Janela do Modo Manual dos leitores Contrinex® - escrever na TAG

D.4.1 Controlo de Entradas e Saídas (Modo -> Automático -> Controlo de Entradas e Saídas)

Aqui são detetados os objetos na sua passagem pelo leitor, efetuando-se o seu registo de passagem. Existe um leitor para controlo de entradas e saídas, para ambos são efetuados os registos de passagem, sendo interpretado se se trata de uma entrada ou saída, conforme a identificação do leitor.

O aspeto geral da interface para controlo de entradas e saídas é apresentado na Figura D.23. É possível observar que os únicos botões ativos são os de selecionar leitores. Isto é obrigatório antes de iniciar propriamente o controlo de entradas e saídas, pelo menos para esta implementação, pois não há leitores suficientes para os atribuir a um único local da empresa. Como o número de leitores são reduzidos estes têm que se repetir, mas são atribuídos *ID* de Leitor diferentes para cada local.

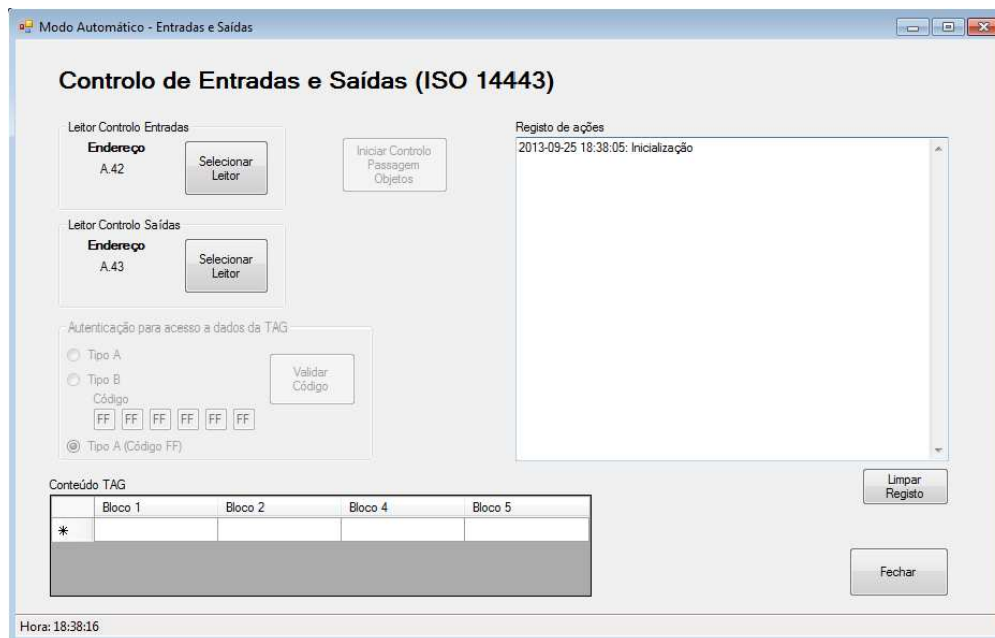


Figura D.23: Janela do Modo Automático de Controlo de Entradas e Saídas - aspeto geral

Para este controlo de entradas e saídas foram utilizados os dois leitores SM130 (ISO14443) presentes nesta implementação. A cada um deles foi atribuído um endereço físico que é um elemento essencial para a gestão de comunicações entre o μ controlador e os leitores. O “A.42” para o leitor de controlo de entradas e o “A.43” para o leitor de controlo de saídas. Como existem vários *IDs* de leitores com os endereços indicados para o controlo de entradas e saídas, surge no ecrã uma mensagem de aviso ao utilizador logo após o clique no botão “Selecionar Leitor” - Figura D.24.

Ao clicar no botão “Selecionar Leitor” é aberta a janela para a seleção do *ID* do leitor para controlo de entradas - Figura D.25. Aqui, o utilizador identifica o leitor. Na *combo box* de seleção do *ID* do leitor estão disponíveis unicamente os *IDs* de leitores com o seu endereço físico do qual se está a efetuar a seleção, neste caso só leitores com o endereço “A.42”. Após selecionar o *ID* do leitor, clicando em “Atualizar Campos”,

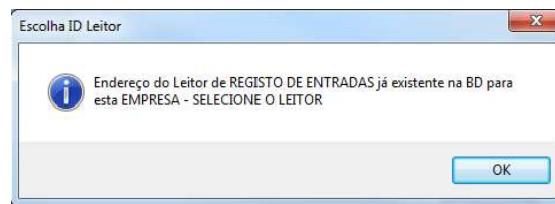


Figura D.24: Janela do Modo Automático de Controlo de Entradas e Saídas - aviso de seleção de leitor

todos os detalhes referentes ao *ID* escolhido são preenchidos. De salientar que a seleção do leitor está diretamente relacionada com a BD - assunto aprofundado mais adiante. Há também a hipótese de criar um novo *ID* de leitor, caso não esteja presente na BD o *ID* de leitor pretendido.

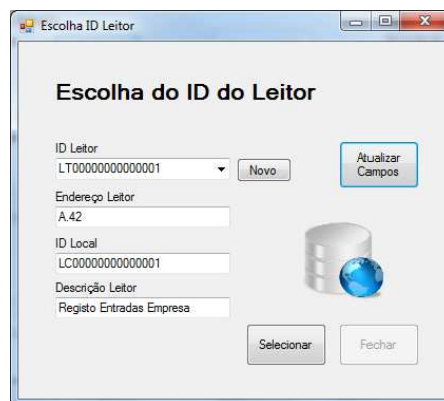


Figura D.25: Janela do Modo Automático de Controlo de Entradas e Saídas - seleção de leitor

Depois de efetuadas as seleções dos leitores (a seleção do leitor de controlo de saídas é efetuada de forma muito semelhante à seleção do leitor de controlo de entradas na empresa), é permitido o início do controlo de passagem de objetos. Este início de controlo não é mais do que a inicialização da procura de *TAG* nos dois módulos de RFID. Após o clique no botão “Iniciar Controlo Passagem Objetos”, é registado na caixa de texto de registo de ações a inicialização da procura para o módulo de controlo de entradas e o módulo de controlo de saídas, sendo agora detetada qualquer passagem de *TAG* nestes módulos - Figura D.26.

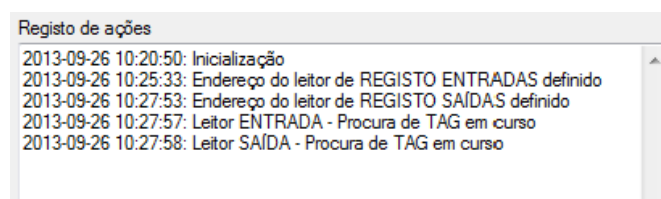


Figura D.26: Janela do Modo Automático de Controlo de Entradas e Saídas - início de controlo

Quando é detetada uma passagem de *TAG* num dos módulos surge no registo de ações a informação de que foi detetado um objeto em determinado local (entrada ou saída) detalhando algumas características da *TAG* tais como o seu tipo e *serial number*. A Figura D.27 é um caso de deteção de passagem de objeto na entrada da empresa. A procura de *TAG* está concluída por agora, faltando agora a leitura dos dados da *TAG*.

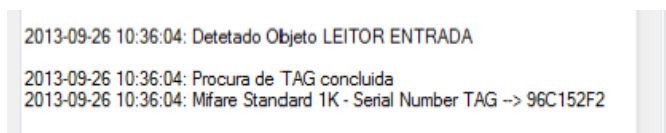


Figura D.27: Janela do Modo Automático de Controlo de Entradas e Saídas - deteção de objeto

Para prosseguir com a leitura das *TAGs* é necessário efetuar a autenticação. Para isso basta indicar qual o tipo de chave para a autenticação no grupo de elementos “Autenticação para acesso a dados da *TAG*” (predefinição: “Tipo A (Código 0xFF)”) e clicar de seguida no botão “Validar Código”. Depois é iniciada a leitura dos blocos da *TAG* que contêm informações do objeto: blocos 1,2 e 4, sendo o bloco 5 normalmente vazio mas lê-se por uma questão de segurança. À medida que as leituras vão sendo efetuadas é efetuado o seu registo na caixa de texto de registo de ações (Figura D.28a), enquanto que o resultado final da leitura é registado numa tabela (Figura D.28b). É possível observar ainda na Figura D.28a, que a última linha presente dá a informação de que a passagem do objeto foi guardada na BD.

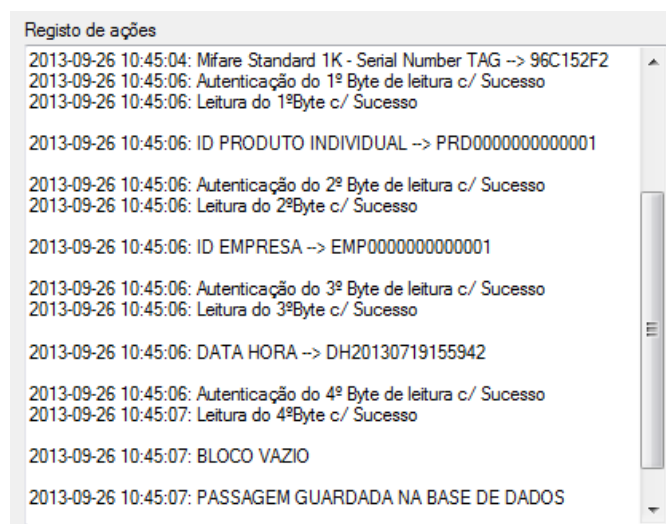
Aqui, para o controlo de entradas e saídas automático, a questão da autenticação manual não faz muito sentido. A solução ideal seria fazer um registo das chaves de autenticação das *TAGs* na BD no momento de criação de um objeto. Mais tarde, na leitura das *TAGs*, e através do *ID* do objeto e de uma consulta à BD, obter-se-ia a chave de autenticação para a *TAG* e prosseguia-se com a sua leitura automática. No entanto, isto não foi efetuado, sendo portanto, um trabalho futuro.

Se por acaso for detetada uma repetição de entrada de um objeto na empresa é dado o alerta ao utilizador - Figura D.29. Isto é possível através da consulta à BD.

D.4.2 Associação de *TAGs* Internas aos Objetos (Modo -> Automático -> Associar *TAG* Interna)

Aqui é permitida a associação de *TAGs* internas aos objetos. Imaginando que o produto chega à empresa com *TAGs* não compatíveis com a marca de dispositivos RFID presentes na empresa, para não quebrar a rastreabilidade do produto, colocam-se à entrada leitores RFID compatíveis com as *TAGs* acabadas de entrar, permitindo o registo da entrada do objeto na empresa. De seguida são associadas *TAGs* internas (compatíveis com os restantes leitores RFID presentes na empresa) aos objetos acabados de chegar para que se possa continuar com rastreabilidade do produto. Imaginando que as *TAGs* acabadas de chegar à empresa são compatíveis com os módulos RFID SM130, são colocados módulos deste tipo à entrada, sendo de seguida associada uma *TAG* interna compatível com os leitores Contrinex® (sistema de rastreabilidade interna da empresa). Nesta ação, o elemento que permite a associação de *TAGs* é o *ID* do Objeto.

O aspeto geral da interface para associação de *TAGs* internas é apresentado na



(a) Registo de ações

Conteúdo TAG				
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 4	Bloco 5
*	PRD00000000000001	EMP00000000000001	DH20130719155942	

(b) Tabela de dados

Figura D.28: Janela do Modo Automático de Controlo de Entradas e Saídas - leitura de dados da TAG detetada

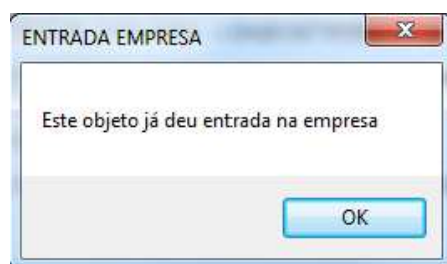


Figura D.29: Janela do Modo Automático de Controlo de Entradas e Saídas - entrada de objeto repetida

Figura D.30. A inicialização desta janela começa novamente com a seleção dos leitores. É selecionado um leitor SM130 (Endereço “A.42”) e um leitor da marca Contrinex® (Endereço “8”). Novamente, quando se inicia a seleção do leitor, surge uma mensagem no ecrã avisando que para o endereço físico do leitor e para esta empresa, já existe um *ID* de leitor associado, portanto é necessário selecioná-lo. É aberta uma janela para seleccionar cada um dos leitores (idêntica à seleção dos leitores para controlo de entradas e saídas na empresa) e agora é possível começar com a identificação do objeto ao qual se pretende associar uma *TAG* interna.

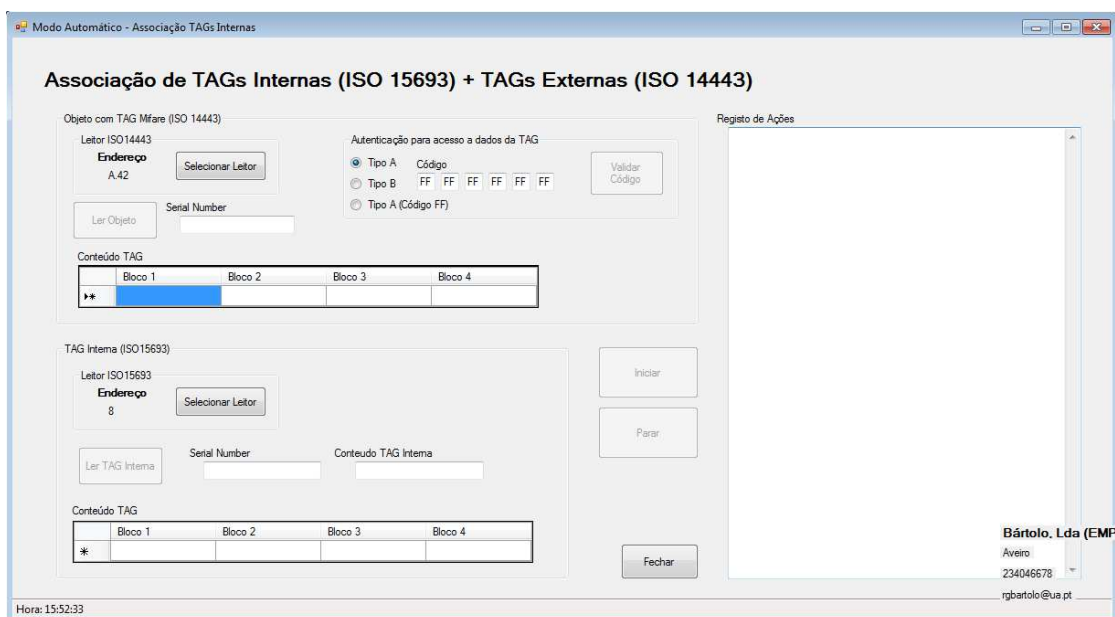


Figura D.30: Janela do Modo Automático de Associação de TAGs internas - aspeto geral

Clicando no botão “Ler Objeto” é iniciada a procura constante de *TAG*. Após a sua deteção e a sua autenticação, o processo continua com a leitura do conteúdo da *TAG*. À medida que as leituras vão sendo realizadas é efetuado o seu registo na caixa de texto de registo de ações - Figura D.31b. É possível observar no registo da seleção dos leitores, o início e fim da procura de *TAG*, o tipo e *serial number* da *TAG* detetada, o registo da leitura dos quatro blocos de dados e por fim a confirmação de que a passagem do objeto foi guardada na BD.

Na Figura D.31a é apresentado o grupo de elementos destinado à deteção do objeto com *TAG* ISO14443 (Mifare®), onde já é possível observar o *serial number* da *TAG* detetada e ainda o seu conteúdo numa tabela.

Para iniciar a associação, primeiro é necessário saber qual a *TAG* interna que irá ser associada ao objeto. Inicia-se então a deteção da *TAG* interna clicando no botão “Ler TAG interna” no grupo de elementos “TAG Interna (ISO15693)”, bastando para isso ter a *TAG* que se pretende para associação ao alcance do campo RF do leitor. Na Figura D.32a é possível observar o registo de ações após o início do processo de deteção da *TAG* interna, incluindo a deteção, a seleção, a leitura e o registo de passagem da *TAG* na BD.

Na Figura D.32b é apresentado o grupo de elementos destinado à identificação da *TAG* interna (ISO15693), onde já é possível observar o *serial number* da *TAG* detetada e

Objeto com TAG Mifare (ISO 14443)

Leitor ISO14443

Endereço
A.42

Selecionar Leitor

Ler Objeto

Serial Number
96C152F2

Autenticação para acesso a dados da TAG

☐ Tipo A Código
☐ Tipo B FF FF FF FF FF FF
☒ Tipo A (Código FF)

Validar Código

Conteúdo TAG

	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
►*	PRD000000000001	EMP000000000001	DH20130719155942	

(a) Resultados de deteção do objeto a associar

Registo de Ações

```

2013-09-26 11:04:03: Endereço do leitor ISO14443 definido
2013-09-26 11:04:09: Endereço do leitor ISO15693 definido
2013-09-26 11:04:13: ISO14443 Procura de TAG em curso
2013-09-26 11:04:18: ISO14443 Procura de TAG concluída
2013-09-26 11:04:18: ISO14443 Mifare Standard 1K - SN: 96C152F2
2013-09-26 11:04:24: ISO14443 Autenticação do 1º Bloco de leitura c/ Sucesso
2013-09-26 11:04:24: ISO14443 Leitura do 1º Bloco c/ Sucesso
2013-09-26 11:04:24: ISO14443 Autenticação do 2º Bloco de leitura c/ Sucesso
2013-09-26 11:04:24: ISO14443 Leitura do 2º Bloco c/ Sucesso
2013-09-26 11:04:24: ISO14443 Autenticação do 3º Bloco de leitura c/ Sucesso
2013-09-26 11:04:24: ISO14443 Leitura do 3º Bloco c/ Sucesso
2013-09-26 11:04:24: ISO14443 Autenticação do 4º Bloco de leitura c/ Sucesso
2013-09-26 11:04:24: ISO14443 Leitura do 4º Bloco c/ Sucesso
2013-09-26 11:04:24: PASSAGEM GUARDADA NA BASE DE DADOS
    
```

(b) Registo de ações durante a deteção do objeto

Figura D.31: Janela do Modo Automático de Associação de TAGs internas - deteção de objeto

ainda o seu conteúdo numa tabela. Neste caso é nulo, o que significa que a *TAG* interna que irá ser sujeita à associação, não tem nenhuma associação a decorrer. De salientar que nesta operação de associação, o elemento que é guardado na *TAG* interna é o *ID* do Objeto, que originalmente é composto por 16 caracteres (PRDxxxxxxxxxxxx), ou seja, os 16 *bytes* de um bloco de uma *TAG* ISO14443. Para guardar o *ID* do Objeto, nas *TAGs* internas da marca Contrinex® (ISO15693) são necessários 4 blocos de dados.

```
2013-09-26 11:11:33: ISO15693 MODELO LEITOR: RLS-1183-020 (M18)
2013-09-26 11:11:33: ISO 15693 ENDEREÇO LEITOR: 8
2013-09-26 11:11:33: ISO15693 PROCURA TAG: TAG encontrada
2013-09-26 11:11:33: ISO15693 SELECIONAR TAG: Realizado com Sucesso
2013-09-26 11:11:33: ISO15693 LEITURA TAG: Realizado com Sucesso
2013-09-26 11:11:34: PASSAGEM LEITOR ISO14443 GUARDADA NA BASE DE DADOS
```

(a) Registo de ações durante a deteção da *TAG* interna

The screenshot shows a software interface titled "TAG Interna (ISO15693)". It contains several input fields and buttons:

- Leitor ISO15693**: A section containing an "Endereço" field with the value "8" and a "Selecionar Leitor" button.
- Ler TAG Interna**: A blue button to initiate the reading process.
- Serial Number**: A text field displaying "E0 4 2 0 0 98 F1 1A".
- Conteúdo TAG Interna**: An empty text field for the internal TAG content.
- Conteúdo TAG**: A table with 5 columns: an asterisk (*) in the first, and "Bloco 1", "Bloco 2", "Bloco 3", and "Bloco 4" in the others. All data cells are currently empty.

(b) Resultados de deteção da *TAG* interna a associar

Figura D.32: Janela do Modo Automático de Associação de *TAGs* internas - deteção de *TAG* interna

Depois de identificados o objeto e a *TAG* interna a associar, a aplicação verifica na BD se para este objeto já existe algum registo de associação.

Caso não exista nenhum início de associação para o objeto selecionado, o botão "Iniciar" surge ativo na interface - Figura D.33a - e quando este for pressionado é automaticamente acrescentado o registo de associação de *TAG* interna ao objeto em questão na BD. É ainda efetuada a escrita do *ID* do Objeto na *TAG* interna. Surge, portanto, na caixa de registo de ações a confirmação do feito - Figura D.33b.

Caso exista para este objeto um registo de início de associação surge no ecrã uma mensagem de aviso ao utilizador - Figura D.34a. Este aviso confirma que para o Objeto selecionado já tem registado um início de associação, confirmando o *ID* da Associação, o *Serial Number* da *TAG* interna e o seu conteúdo (o *ID* do Objeto). Portanto, agora surge ativo unicamente o botão "Parar" - Figura D.34b. Na Figura D.35 é possível observar o registo de ações confirmando o término da associação da *TAG* interna ao objeto em questão, sendo inclusive apagado o conteúdo da *TAG* interna e registado o seu término na BD.

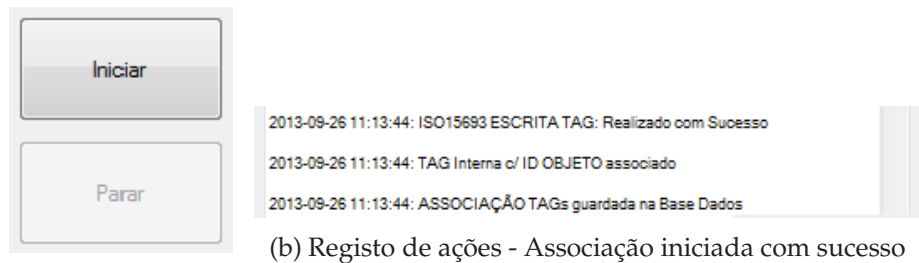


Figura D.33: Janela do Modo Automático de Associação de TAGs internas - Início da Associação

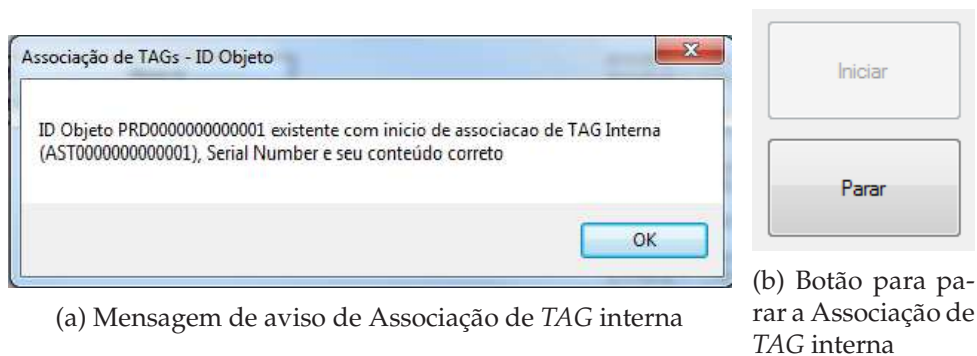


Figura D.34: Janela do Modo Automático de Associação de TAGs internas - Paragem da Associação

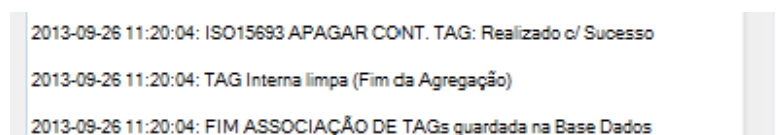


Figura D.35: Janela do Modo Automático de Associação de TAGs internas - Associação terminada com sucesso (Registo de ações)

D.4.3 Linha de Produção (Modo -> Automático -> Controlo Linha de Produção)

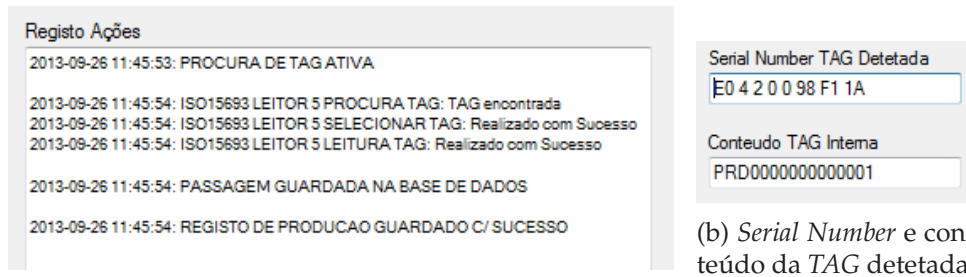
Aqui são registadas todas as passagens na linha de produção da empresa. Cada posto tem um leitor de RFID que foi previamente identificado e descrito (descrição da tarefa efetuada nesse posto). Quando é detetada a passagem de um produto no leitor, já se sabe qual a tarefa efetuada no objeto e é efetuado o seu registo. Pode acontecer que numa linha de produção seja necessário fazer a montagem de um objeto noutra, por isso é possível fazer esse registo de agregação de objetos na mesma janela.

O aspeto geral deste modo de controlo da linha de produção é apresentado na Figura D.36. Como já foi referido, na linha de produção assumiu-se que os leitores implementados são da marca Contrinex® e portanto estes efetuam a leitura das TAGs internas que já passaram pelo processo de associação a um determinado objeto. Tal como nas outras janelas do modo automático apresentadas, nesta é obrigatório novamente a seleção dos leitores antes de prosseguir com a operação de rastreabilidade. No momento da inicialização da janela surge ativo apenas a seleção de leitores para os dois endereços de leitores presentes na implementação. O leitor com o endereço “0x05” está responsável por efetuar o registo de passagem de objetos no posto de pintura, enquanto que o leitor com endereço “0x08” regista a passagem de objetos no posto de controlo dimensional.

Figura D.36: Janela do Modo de Controlo da Linha de Produção - aspeto geral

Após a seleção dos leitores, em tudo idêntico à seleção efetuada para os outros modos automáticos, pode-se dar início ao controlo clicando no botão “Iniciar Controlo”. A procura pela TAG inicia-se para ambos os leitores, sendo neste caso uma procura constante, ou seja, só quando for detetada uma TAG é que a procura fica suspensa por

momentos. Quando for detetada a passagem de um objeto são adicionadas algumas linhas à caixa de texto de registo de ações - Figura D.37a. É possível observar que a TAG foi detetada no leitor com endereço “0x05” e de seguida foi lido o seu conteúdo, comprovando-se com a apresentação do *serial number* da TAG e o seu conteúdo em caixas de texto próprias na janela - Figura D.37b. Observa-se ainda que o registo de produção foi guardado com sucesso na BD.



(a) Registo de Ações

(b) *Serial Number* e conteúdo da TAG detetada

Figura D.37: Janela do Modo de Controlo da Linha de Produção - deteção de objeto

Se a TAG identificativa do objeto, aquando da sua deteção na linha de produção, não apresentasse nenhum conteúdo na sua memória, não dando a indicação do *ID* do objeto que está a dar passagem no posto de produção, surgiria uma mensagem de aviso ao utilizador - Figura D.38.

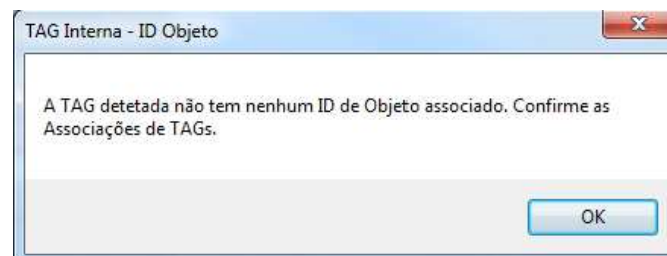
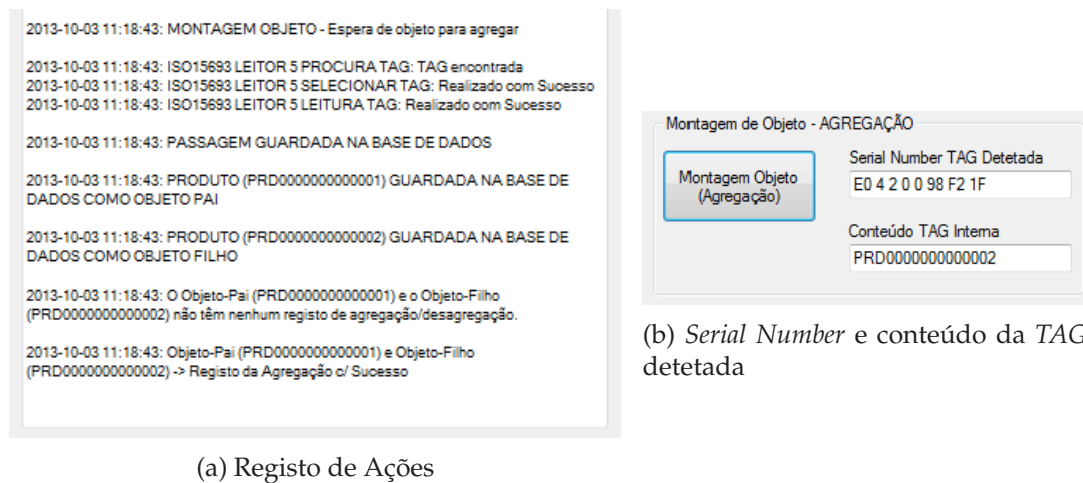


Figura D.38: Janela do Modo de Controlo da Linha de Produção - aviso de associação da TAG interna

Após a deteção da passagem de um objeto na linha de produção é possibilitado, ao utilizador, registar nesta janela a agregação de outro objeto ao objeto detetado, clicando no botão “Montagem Objeto (Agregação)”. É iniciada uma nova procura pelo leitor que efetuou o último registo de passagem de objeto na linha de produção. Quando é detetado o novo objeto para ser assemblado é iniciado o registo de agregação de objetos. O objeto detetado inicialmente (PRD00000000000001) é registado como objeto-pai e o novo objeto para assemblagem (PRD00000000000002) é registado como objeto-filho - Figura D.39a - sendo a agregação também registada com sucesso na BD. O *serial number* e o conteúdo da TAG identificativa do segundo objeto (objeto-filho) é confirmado no grupo de elementos da janela com designação “Montagem de Objeto - AGREGAÇÃO” - Figura D.39b.



(a) Registo de Ações

(b) Serial Number e conteúdo da TAG detetada

Figura D.39: Janela do Modo de Controlo da Linha de Produção - agregação de objetos (assemblagem)

D.4.4 Agregação de Objetos (Modo -> Automático -> Agregação Objetos)

Aqui é registada a inclusão de um objeto noutro. Destinado ao registo de montagem de objetos ou à embalagem de produtos. No caso da embalagem de produtos, refere-se principalmente aos casos em que os produtos são colocados numa paleta para transporte. Através deste modo de agregação é possível fazer o registo de quando os produtos são colocados ou retirados numa paleta. No caso da paleta, o objeto seria possuidor de uma TAG e seria designado de Objeto-Pai. Os objetos que seriam colocados dentro da paleta também seriam possuidores de uma TAG e seriam designados de Objetos-Filho. Esta janela não é tão destinada ao registo de assemblagem de objetos, visto que, a agregação de objetos está incluída também na janela de controlo da linha de produção.

O aspeto geral desta janela de agregação de objetos é apresentado na Figura D.40. Os leitores escolhidos para o registo da agregação são os módulos SM130 (ISO14443), mais propriamente o módulo com o endereço físico "A.42". Como já existem vários ID de leitores com este endereço (limitação do número de leitores na implementação prática), o utilizador é obrigado a seleccionar o leitor (escolher o ID do Leitor).

Após a seleção do leitor, o utilizador pode iniciar o processo de registo de agregação de objetos começando pela identificação do Objeto-Pai, no qual irão ser acolhidos mais objetos. É iniciada a procura da TAG e quando esta é detetada, prossegue-se com a sua autenticação e leitura do seu conteúdo. É possível observar pelo registo de ações (Figura D.41) que se trata de uma paleta (ID do Objeto: PLT00000000000001) e que a sua passagem pelo leitor foi guardada com sucesso na BD.

De seguida, resta identificar o Objeto-Filho para prosseguir com o registo de agregação. O registo de ações para esta deteção é apresentado na Figura D.42 e é possível observar que se trata de um produto individual com ID "PRD00000000000002". A sua passagem pelo leitor foi guardada com sucesso na BD.

Com o Objeto-Pai e o Objeto-Filho detetados e identificados pode-se continuar agora com o registo de agregação. Após a identificação dos dois objetos surge uma mensagem no ecrã informando o utilizador se, para os objetos em questão, já existe algum registo

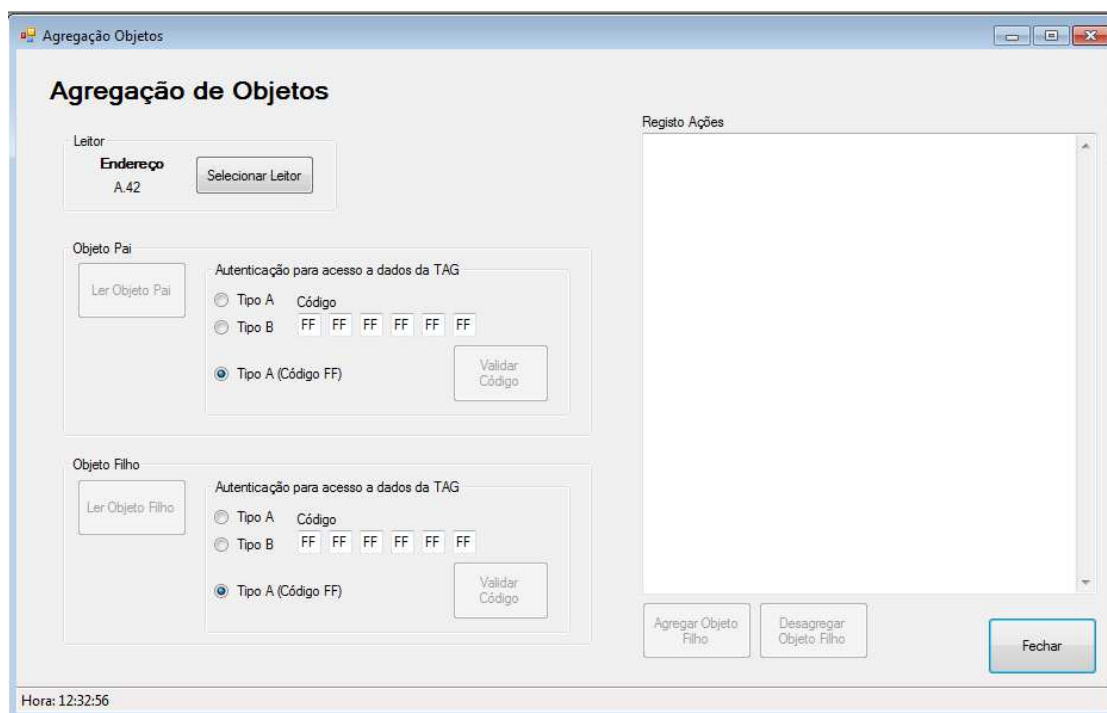


Figura D.40: Janela do Modo de Agregação de Objetos - aspeto geral

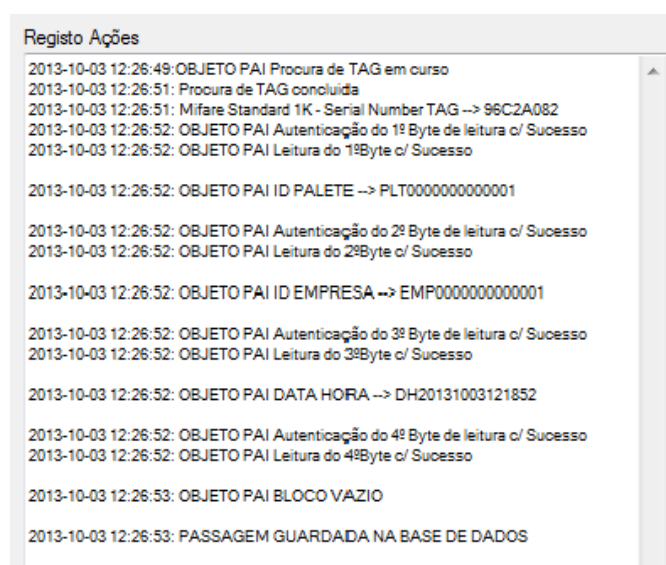


Figura D.41: Janela do Modo de Agregação de Objetos - deteção e leitura do Objeto-Pai

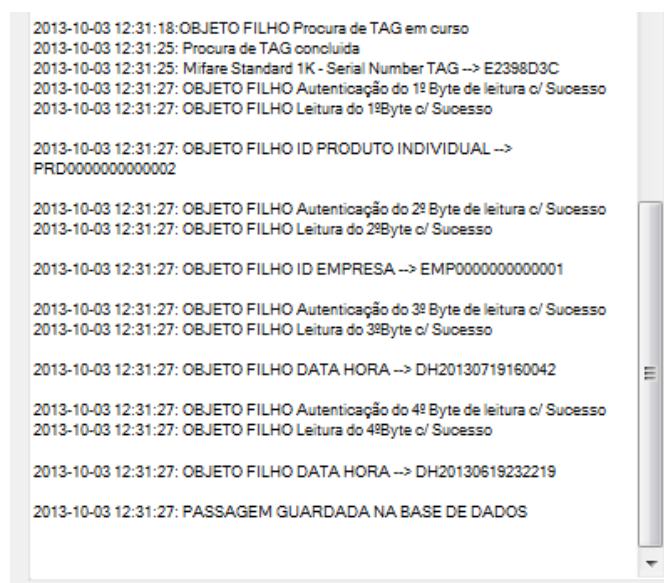


Figura D.42: Janela do Modo de Agregação de Objetos - detecção e leitura do Objeto-Filho

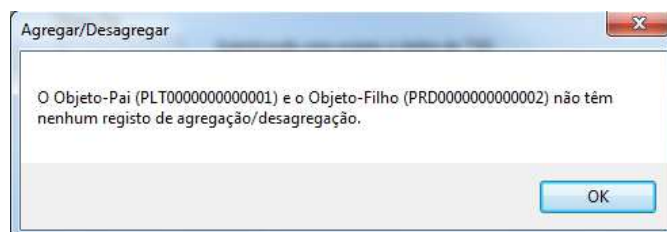
de agregação ou desagregação. Neste caso, não há qualquer registo de agregação para os objetos detetados e identificados - Figura D.43a - e por isso o utilizador só tem a hipótese de efetuar a agregação do objeto filho - Figura D.43b. Para confirmação da agregação surge, na caixa de texto de registo de ações, a informação que para Objeto-Pai (PLT00000000000001) e o Objeto-Filho (PRD00000000000002) foi guardado, com sucesso, o registo da agregação na BD - Figura D.43c.

Terminada esta agregação é possível que sejam agregados mais Objetos-Filho ao Objeto-Pai já selecionado. Basta só clicar em “Ler Objeto Filho” para que seja detetado e identificado o novo Objeto-Filho para a agregação. Só quando se pretender que o Objeto-Pai seja outro é que é necessário voltar a detetar e identificar o Objeto-Pai. É apresentado um caso em que para o Objeto-Pai e Filho selecionados já existe o registo de uma agregação - Figura D.44a. Só resta ao utilizador a hipótese de efetuar a desagregação do objeto filho - Figura D.44b - pois não pode voltar a agregar.

D.4.5 Configuração de uma Nova TAG (Modo -> Automático -> Configurar Nova TAG)

Esta janela destina-se essencialmente ao início da rastreabilidade de um produto. Quando se pretender iniciar a rastreabilidade de um produto é necessário atribuir uma nova TAG para que a rastreabilidade seja garantida ao longo da cadeia de fornecimento. A configuração da nova TAG guarda os dados identificativos do objeto na sua memória - ID Objeto, ID Empresa criadora do objeto e Data/Hora da sua criação e, além disso, faz o registo do novo objeto na BD. As TAGs utilizadas são da marca Mifare®, sendo necessário um módulo de RFID SM130 (ISO14443) para a operação.

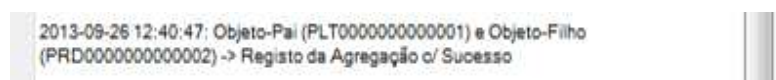
O aspeto geral da janela é apresentado na Figura D.45. Começa-se por definir o endereço do leitor que neste caso trata-se de um módulo Sparkfun SM130. Depois já é possível que o utilizador configure a TAG para o futuro objeto a pertencer à rastreabilidade da cadeia de fornecimento, no entanto tem que detalhar alguns pormenores.



(a) Situação de Registo de Agregação

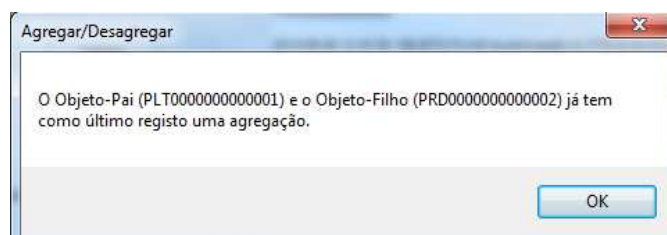


(b) Botão "Agregar Objeto Filho"



(c) Registo de Ações

Figura D.43: Janela do Modo de Agregação de Objetos - operação de agregação



(a) Situação de Registo de Desagregação



(b) Botão "Desagregar Objeto Filho"

Figura D.44: Janela do Modo de Agregação de Objetos - operação de desagregação

Como já foi referido anteriormente, as TAGs são configuradas com 3 elementos fundamentais:

- **ID OBJETO:**
 - produto individual (PRDxxxxxxxxxxxxxx)
 - embalagem (EMBxxxxxxxxxxxxxx)
 - palete (PLTxxxxxxxxxxxxxx)
- **ID EMPRESA:** identificação da empresa criadora do objeto (TAG)
- **DATA HORA:** data e hora da configuração da TAG

Para cada um dos três elementos foi criado um grupo de elementos na janela. Relativamente ao *ID* do Objeto, a opção “Definir Automaticamente” está ativa por predefinição para que não haja a possibilidade de haver repetição de *IDs* de Objetos na BD. Esta definição verifica automaticamente, para o tipo de objeto selecionado (produto individual, embalagem ou palete) o último registo e é criado um novo *ID*. O *ID* da Empresa está automaticamente definido visto que a seleção da empresa é efetuada ao iniciar a aplicação. A data e hora de configuração da TAG é guardada conforme a data e hora da ordem de configuração da TAG.

O utilizador tem a hipótese de criar uma nova chave de autenticação selecionando, para isso, a caixa presente no grupo de elementos “Definição de Novo Código de Autenticação” destinada ao efeito. Tem o inconveniente de, se o utilizador não registar a chave de autenticação para um acesso futuro, nunca mais puder aceder aos blocos escritos. Esta situação poderia ser resolvida se, aquando da configuração da nova TAG, fosse registado na BD a sua chave de autenticação.

A caixa de opção para escrita em BD surge selecionada na abertura desta janela para que na criação da nova TAG seja automaticamente acrescentado o novo *ID* de Objeto à BD. Para isso é necessário que o utilizador escreva, na caixa de texto “descricao_objeto”, uma descrição ao objeto que irá ser acrescentado na BD. Os restantes campos são automaticamente preenchidos em função das configurações selecionadas anteriormente.

Após a ordem de configuração da TAG no botão “Configurar” são dadas informações do estado da configuração na zona inferior esquerda da janela. Na Figura D.45 observa-se que a configuração está terminada e é possível observar que o conteúdo a ser guardado na TAG foi guardado com sucesso. Além disso o objeto foi registado com sucesso na BD.

D.5 Base Dados

É neste menu que se efetuam as consultas à BD e também, se criam novos registos de dados estáticos.

Figura D.45: Janela do Modo de Configuração de Nova TAG

D.5.1 Consulta de Dados Estáticos (Base Dados -> Consulta -> Dados Estáticos)

Nesta janela é permitido a consulta de registos de dados estáticos tais como registos de Objetos, Leitores, Empresas e seus Locais internos. O seu aspeto geral é apresentado na Figura D.46.

A janela contém quatro grupos de elementos, sendo cada um deles destinado à pesquisa nas entidades *objeto*, *leitor*, *empresa* e *local* presentes na BD. No primeiro grupo destinado à pesquisa de objetos, o utilizador inicia a sua pesquisa clicando na *Combo Box* "ID Objeto". Após o clique surge todos os *IDs* de objetos presentes na BD e resta ao utilizador escolher qual o *ID* que pretende selecionar. Depois de selecionado o *ID* do objeto, todos os campos referentes a cada detalhe do mesmo são preenchidos segundo a BD - Figura D.47a. No grupo de elementos destinado à pesquisa de empresas salienta-se a presença do botão "EMPRESA" posicionado em frente da caixa de texto do fabricante que ao ser acionado atualiza automaticamente os dados referentes ao fabricante do objeto - Figura D.47b.

Para o grupo destinado à pesquisa de leitores, esta é efetuada nos mesmos moldes que a pesquisa para os *IDs* de objetos. A única diferença neste grupo é que são apresentados dois detalhes que não são diretamente pertencentes à entidade *leitor*. Tratam-se de detalhes referentes ao *ID* do local (chave estrangeira) no qual o leitor está instalado (Caixas de texto: "Empresa" e "Área Interna Empresa") visto que o *ID* do local por si só, não diz nada. Mais uma vez, existe o botão "LOCAL" posicionado em frente à caixa de texto do *ID* Local que ao clicar faz com que os campos no grupo de elementos destinado à pesquisa de locais internos sejam preenchidos para o local em questão. Neste grupo de pesquisa de locais existe novamente um botão posicionado em frente da caixa de texto do *ID* da empresa com o nome "EMPRESA". Este, novamente, faz com que os detalhes referentes ao *ID* da empresa para o local em questão sejam preenchidos no grupo de elementos de pesquisa de empresas.

Acesso Base Dados - Dados Estáticos

Consulta Base Dados - Dados Estáticos

OBJETO

ID Objeto
Fabricante (ID Empresa) **EMPRESA**
Tipo Objeto
Descrição Objeto
Data Hora Criação
Serial Number **Limpar**

LEITOR

ID Leitor
Endereço
ID Local **LOCAL**
Empresa
Área Interna Empresa
Descrição Leitor **Limpar**

LOCAL

ID Local
ID Empresa **EMPRESA**
Área Interna Empresa **Limpar**

EMPRESA

ID Empresa
Nome
Morada
Telefone
E-Mail **Limpar**

Fechar

Figura D.46: Janela de Consulta de BD - Dados Estáticos - aspeto geral

OBJETO

ID Objeto
PRD0000000000001
Fabricante (ID Empresa)
EMP0000000000001 **EMPRESA**
Tipo Objeto
produto_individual
Descrição Objeto
chassis
Data Hora Criação
19-07-2013 15:59:42
Serial Number
96C152F2 **Limpar**

EMPRESA

ID Empresa
EMP0000000000001
Nome
Bártolo, Lda
Morada
Aveiro
Telefone
234046678
E-Mail
rgbartolo@ua.pt **Limpar**

(a) Dados ID Objeto

(b) Dados ID Empresa

Figura D.47: Janela de Consulta de BD - Dados Estáticos - ID Objeto e ID Empresa

Caso o leitor não pretenda seguir estes botões de ligação entre entidades e pretenda fazer pesquisas individuais nas várias entidades, basta selecionar o pretendido nas *Combo Box* de cada grupo de elementos, que não são mais do que as chaves primárias de cada entidade correspondente, e automaticamente os restantes campos são atualizados e preenchidos.

D.5.2 Consulta de Dados Dinâmicos: Entradas e Saídas (Base Dados -> Consulta -> Dados Dinâmicos -> Entradas e Saídas)

Nesta janela é possível a consulta de registos de entradas e saídas de produtos das empresas. Há a possibilidade de escolha de qual o *ID* do objeto, *ID* da empresa e intervalos de data a procurar nos registos. Ainda é possível fazer pesquisas de objetos só com registo de entrada ou objetos que já tenham entrado e saído da empresa.

O aspeto geral da janela é apresentado na Figura D.48. Como é possível observar, a pesquisa de entradas e saídas, pode ser efetuada com base em alguns filtros. O primeiro filtro disponibilizado é o *ID* do objeto que tem o objetivo de direcionar a pesquisa para um objeto específico. Caso se pretenda adicionar este filtro à pesquisa, seleciona-se a *Check Box* correspondente, selecionando de seguida os *IDs* que surgem na *Combo Box*. Os *IDs* que surgem são lidos diretamente da BD. O segundo filtro é o *ID* da empresa que tem o objetivo de filtrar a pesquisa de entradas e saídas a uma empresa específica. A seleção deste filtro efetua-se de forma semelhante ao *ID* do objeto. O terceiro filtro é a pesquisa com restrição a um intervalo de tempo, havendo opção de escolha para a data de início e fim. No entanto, o intervalo de hora não chegou a ser implementado.

Relativamente ao campo “Estado Objeto”, este apresenta três possibilidades de escolha:

- **Todos os Registos:** pesquisa de todos os registos efetuada em função dos filtros escolhidos anteriormente;
- **Objeto(os) só com Registo de Entrada:** pesquisa de registos com objetos só com registo de entrada, e em função dos filtros selecionados anteriormente;
- **Objeto(os) com Registo de Entrada e Saída:** pesquisa de registos com objetos com registo de entrada e saída, e em função dos filtros selecionados anteriormente;

Depois de clicar no botão “Pesquisar”, os resultados são apresentados sob a forma de tabela. Como exemplo é apresentado na Figura D.49 uma pesquisa efetuada tendo como filtro o *ID* da empresa. Os dados apresentados são ordenados pela data e hora de registo, informando para cada registo qual o *ID* de registo de entrada ou saída e ainda qual o leitor que efetuou a deteção do objeto.

D.5.3 Consulta de Dados Dinâmicos: Registo de Produção (Base Dados -> Consulta -> Dados Dinâmicos -> Registo Produção)

Nesta janela é possível a consulta de registos de produção através do *ID* do objeto, *ID* da empresa, *ID* do leitor e/ou *ID* do local do registo. Ainda se pode refinar a pesquisa através da inclusão do intervalo da data de registo de produção.

O aspeto geral da janela é apresentado na Figura D.50. Como é possível observar, a pesquisa pode ser filtrada em cinco critérios:

Dados Dinâmicos: Entradas e Saídas

☒ ID Objeto: PRD0000000000001
☒ ID Empresa: EMP0000000000001
 Estado Objeto: Todos os Registos
 Data Hora Procura: ☐ Data
 Inicio: quinta-feira, 26 de Setembro de 2013
 Fim: quinta-feira, 26 de Setembro de 2013
☐ Hora (Intervalo): 00:00:00 - 00:00:00

Pesquisar

	ID Objeto	Entrada/Saída	ID Registo	Data Hora Registo	ID Leitor	ID Empresa
*						

Figura D.48: Janela de Consulta de BD - Dados Dinâmicos: Entradas e Saídas - aspeto geral

	ID Objeto	Entrada/Saída	ID Registo	Data Hora Registo	ID Leitor	ID Empresa
▶	PRD0000000000001	Entrada	EEP0000000000001	2013-09-10 14:39:48	LT00000000000001	EMP0000000000001
	PRD0000000000002	Entrada	EEP0000000000002	2013-09-15 14:39:56	LT00000000000001	EMP0000000000001
	PRD0000000000002	Saída	SEP0000000000001	2013-09-17 14:40:04	LT00000000000002	EMP0000000000001
	PRD0000000000001	Saída	SEP0000000000002	2013-09-17 14:40:23	LT00000000000002	EMP0000000000001
	PRD0000000000002	Entrada	EEP0000000000003	2013-09-25 14:40:14	LT00000000000001	EMP0000000000001
	PRD0000000000001	Entrada	EEP0000000000004	2013-09-26 14:40:27	LT00000000000001	EMP0000000000001
*						

Figura D.49: Janela de Consulta de Base de Dados - Dados Dinâmicos: Entradas e Saídas - resultados de exemplo de pesquisa

	ID Objeto	ID Registo Prod	Descrição Prod	Data Hora Prod	ID Leitor	ID Local	ID Empresa
▶	PRD00000000000001	RPD00000000000001	Pintura	2013-09-26 11:45:54	LT000000000000005	LC000000000000004	EMP000000000000001
	PRD00000000000001	RPD00000000000002	Controlo Dimensional	2013-09-26 11:48:19	LT000000000000006	LC000000000000005	EMP000000000000001
	PRD00000000000001	RPD00000000000003	Pintura	2013-09-26 11:53:13	LT000000000000005	LC000000000000004	EMP000000000000001
*							

Figura D.51: Janela de Consulta de BD - Dados Dinâmicos: Registo de Produção - resultados de exemplo de pesquisa

D.5.4 Consulta de Dados Dinâmicos: Agregação de Objetos (Base Dados -> Consulta -> Dados Dinâmicos -> Agregação Objetos)

Nesta janela é possível a consulta de registos de agregação de objetos através do *ID* do Objeto-Pai, *ID* do Objeto-Filho e/ou tipo de agregação (agregação/desagregação). Ainda se pode refinar a pesquisa através da inclusão do intervalo da data de registo da (des)agregação.

O aspeto geral da janela é apresentado na Figura D.52. Como se pode observar é possível a escolha de quatro filtros de pesquisa para a agregação de objetos:

- **ID Objeto Pai:** filtrar a pesquisa a um determinado Objeto-Pai (objeto ao qual foi agregado outro objeto);
- **ID Objeto Filho:** filtrar a pesquisa a um determinado Objeto-Filho (objeto que foi agregado a outro);
- **Tipo Agregar:** filtrar a pesquisa a um tipo de agregação. Escolha entre agregação (montagem) ou desagregação (desmontagem);
- **Data Hora Agregação:** filtrar a pesquisa a um intervalo de tempo;

Tal como nas janelas anteriores as opções de escolha nas *Combo Box* são disponibilizadas em função dos dados presentes na BD - leitura e atualização dos campos efetuada logo após a inicialização da janela.

Depois da seleção dos filtros para a pesquisa, o utilizador, após clicar no botão “Pesquisar” pode observar na zona inferior da janela o resultado da pesquisa, sendo estes apresentados numa tabela - Figura D.53. Os resultados apresentados são resultado de uma pesquisa a todos os registos de agregação existentes na BD. Não foram adicionados quaisquer filtros à pesquisa.

É possível observar na Figura D.53 quatro registos onde três são agregações e um é desagregação. Para cada um dos registos existe um único *ID* de agregação, que por sua vez contém um *ID* de registo do Objeto-Pai e um também para o Objeto-Filho. Para estes registos existe um *ID* de objeto associado que é apresentado na tabela onde é dada ainda a informação complementar do tipo de objeto, quer para o Objeto-Pai, quer para o Objeto-Filho. Para cada registo é adicionada a informação de data e hora da agregação, sendo esta também apresentada ao utilizador. Os três primeiros registos de agregação apresentados na Figura D.53 são agregações entre uma paleta e um produto individual (situação mais provável que surja num armazém ou no final de uma linha de produção onde os produtos são embalados para transporte). O último registo de agregação é uma agregação entre produtos individuais, o que significa que se trata da montagem do objeto com *ID* “PRD00000000000002” no objeto com *ID* “PRD00000000000001”, ou

Acesso Base Dados - Dados Dinâmicos

Dados Dinâmicos: Agregação de Objetos

☐ ID Objeto Pai: PLT0000000000001
☐ ID Objeto Filho: PRD0000000000002
☐ Tipo Agregar: Agregação

Pesquisar

Data Hora Agregação

☐ Data (Intervalo)
 Inicio: quinta-feira, 26 de Setembro de 2013
 Fim: quinta-feira, 26 de Setembro de 2013
☐ Hora (Intervalo): 00:00:00 00:00:00

ID Agregação	Tipo Agregação	ID Registro Passagem Objeto Pai	ID Objeto Pai	Tipo Objeto Pai	ID Registro Passagem Objeto Filho	ID Objeto Filho	Tipo Objeto Filho	Data Hora Agregação
[Empty Table Body]								

Figura D.52: Janela de Consulta de BD - Dados Dinâmicos: Agregação de Objetos - aspecto geral

	ID Agregação	Tipo Agregação	ID Registro Passagem Objeto Pai	ID Objeto Pai	Tipo Objeto Pai	ID Registro Passagem Objeto Filho	ID Objeto Filho	Tipo Objeto Filho	Data Hora Agregação
▶	RAO0000000000001	Agregação	REG0000000000029	PLT0000000000001	palete	REG0000000000030	PRD0000000000002	produto_individual	2013-09-26 12:40:47
	RAO0000000000002	Desagregação	REG0000000000029	PLT0000000000001	palete	REG0000000000030	PRD0000000000002	produto_individual	2013-09-26 14:58:44
	RAO0000000000003	Agregação	REG0000000000029	PLT0000000000001	palete	REG0000000000030	PRD0000000000002	produto_individual	2013-09-26 14:59:06
	RAO0000000000004	Agregação	REG0000000000057	PRD0000000000001	produto_individual	REG0000000000030	PRD0000000000002	produto_individual	2013-09-26 15:23:48
*									

Figura D.53: Janela de Consulta de BD - Dados Dinâmicos: Agregação de Objetos - resultados de exemplo de pesquisa

seja, uma situação normal de uma linha de produção. Mais uma vez, os registos são apresentados na tabela por ordem da data e hora de agregação.

D.5.5 Consulta de Dados Dinâmicos: Associação de TAGs Internas (Base Dados -> Consulta -> Dados Dinâmicos -> Associação TAGs Internas)

Nesta janela é possível a consulta de registos de associação de TAGs através do *ID* do objeto, *Serial Number* da TAG interna e/ou intervalo de data de registo. Ainda é possível fazer pesquisas de associações de TAGs cujo objeto só tem registo de início de associação ou associações de TAGs cujo objeto tem registo de início e fim de associação.

O aspeto geral da janela é apresentado na Figura D.54. Como se pode observar é possível a escolha de quatro filtros de pesquisa para a associação de TAGs internas:

- **ID Objeto:** filtrar a pesquisa a um determinado objeto;
- **Serial Number da TAG interna:** filtrar a pesquisa a uma determinada TAG;
- **Estado da Associação:** filtrar a pesquisa consoante o estado da associação - opção de escolha para pesquisa de todos os registos ou pesquisa de objetos só com início de associação, ou pesquisa de objetos com registo de início e fim de associação;
- **Data Hora Associação TAGs:** filtrar a pesquisa a um intervalo de tempo;

As escolhas presentes nas *Combo Box* para seleção por parte dos utilizadores são disponibilizadas baseadas nos dados contidos na BD, sendo estas atualizadas aquando da abertura da janela.

Figura D.54: Janela de Consulta de BD - Dados Dinâmicos: Associação TAGs Internas - aspeto geral

Depois dos filtros selecionados, o utilizador pode avançar com a pesquisa na BD. Na Figura D.55 é apresentado o resultado de uma pesquisa para objetos só com início de associação de TAG interna, ou seja, são objetos que possuem nesse momento TAGs internas associadas na empresa. Como é possível observar existem dois objetos nessa situação. Para cada registo é apresentado o *Serial Number* da TAG interna, sendo identificado qual o objeto que está a identificar (*ID* do objeto). Além disso, é ainda detalhada a data e hora da associação. De salientar que para este exemplo os dados referentes ao final da associação não estão preenchidos visto que para este exemplo não há registo de fim de associação de TAG interna.

	ID Associação TAG's	ID Associação TAG Início	Serial Number TAG Interna	ID Objeto	Data Hora Associação - Início	ID Associação TAG Final	Data Hora Associação - Final
▶	AST00000000000002	ASI00000000000002	E0 4 2 0 0 98 F1 1A	PRD00000000000001	2013-09-26 11:39:59		
	AST00000000000003	ASI00000000000003	E0 4 2 0 0 98 F2 1F	PRD00000000000002	2013-09-26 11:52:43		
*							

Figura D.55: Janela de Consulta de BD - Dados Dinâmicos: Associação TAGs Internas - resultados de exemplo de pesquisa

D.5.6 Nova Empresa (Base Dados -> Nova Empresa)

Esta janela permite que sejam criados registos de novas empresas na BD. Não é uma janela muito indicada para utilizadores que anteriormente já efetuaram o seu *login*. Nessa janela de *login*, caso o utilizador ao identificar a sua empresa, não tenha a sua empresa registada na BD é obrigado a efetuar o seu registo antes de prosseguir com o arranque da aplicação. Na janela de escolha do *ID* da empresa (Figura D.3), que surge no arranque da aplicação há a possibilidade do utilizador criar uma nova empresa. Clicando nesse botão “Novo”, a janela que surge é a apresentada na Figura D.56, que não é mais do que a janela que surge ao clicar no item “Nova Empresa” no menu “Base Dados”.

Figura D.56: Janela de BD - Nova Empresa - aspeto geral

Após a abertura da janela é esperado o preenchimento de todos os atributos necessários para um novo registo na entidade “empresa”, no entanto o campo referente ao *ID* da empresa é automaticamente preenchido respeitando a sequência de *IDs* já existentes na BD e garantindo que não há repetições de *IDs*. Não é possível prosseguir com a gravação dos novos dados sem ter todos os campos presentes na janela preenchidos. De salientar que é necessário também a introdução da *password* de acesso à aplicação de rastreabilidade.

D.5.7 Nova Local (Base Dados -> Novo Local)

Esta janela permite que sejam criados registos de novos locais, permitindo que depois seja associado a cada leitor a sua localização através de um *ID* de local. O aspeto geral da janela é apresentado na Figura D.57. Como é possível observar, o campo “ID Local” surge automaticamente preenchido respeitando a lógica de sequência presente na BD e garantindo que não há repetições. O campo “ID Empresa” não permite que o utilizador altere o seu conteúdo visto que só é permitido criar novos *IDs* de locais para a sua empresa, identificada com o *ID* “EMP00000000000001” no arranque na aplicação.



Figura D.57: Janela de BD - Novo Local - aspeto geral

Após o preenchimento do campo de identificação da área interna da empresa ao qual o *ID* do local se refere, o utilizador pode prosseguir com a gravação dos dados na BD.

D.5.8 Novo Leitor (Base Dados -> Novo Leitor)

Esta janela permite que sejam criados registos de novos leitores e o seu aspeto geral é apresentado na Figura D.58.

Novamente, na abertura desta janela, o campo “ID Leitor” surge automaticamente preenchido, respeitando a lógica de sequência presente na BD e garantindo que não há repetições. O campo “Endereço Leitor” fica ao encargo do utilizador, sendo destinado à identificação do endereço físico do leitor que se está a registar. No campo “ID Local”, o seu preenchimento pode ser efetuado selecionando um dos *IDs* de local presentes já

The image shows a software window titled "Novo ID Leitor". Inside the window, the title "Registo de Novo Leitor na BD" is centered at the top. Below the title, there are several input fields and buttons. On the left, there is a text box for "ID Leitor" containing the value "LT000000000000008", followed by an empty text box for "Endereço Leitor". Below these is a "Combo Box" for "ID Local" with a dropdown arrow, a "+" button, and an "Atualizar" button. To the right of the "ID Local" section is a graphic of a database cylinder and a globe. Below the "ID Local" section is a text box for "Área Interna" and another "Atualizar" button. At the bottom left is a text box for "Descrição Leitor". On the right side of the window, there are three buttons: "Guardar", "Fechar", and another "Atualizar" button. The window has standard Windows-style window controls (minimize, maximize, close) in the top right corner.

Figura D.58: Janela de BD - Novo Leitor - aspeto geral

na BD, clicando na *Combo Box* correspondente. Caso ainda não haja registo do local que se pretende associar ao leitor, o utilizador pode clicar no botão "+" e automaticamente surge a janela presente na Figura D.57, ou seja, a janela para registo de um novo *ID* de local. Caso o utilizador adicione um novo local é necessário que este clique no botão "Atualizar", localizado na frente do botão "+" para que na *Combo Box* surja o *ID* de local criado e possa ser posteriormente selecionado. O campo "Área Interna" é referente ao dados existentes referentes ao *ID* de local selecionado e portanto o seu preenchimento é feito de forma automática clicando no botão "Atualizar" localizado na sua frente. No campo "Descrição Leitor", o utilizador introduz uma curta descrição ao leitor para que mais facilmente seja identificado e se perceba em que situação prática está a ser utilizado.